جمهورية مصر العربية
وزارة البحث العلمي
المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

المغناطيسية الأرضية فى خدمة البيئة والعلم والمجتمع فى الماضى والحاضر والمستقبل

الأستاذ الدكتور/ حنفي علي دعبس

٢٠٠٤ م



سورة الفتح
بسم الله الرحمن الرحيم
هو الذي أنزل السكينة في قلوب المؤمنين
ليزدادوا إيمانا مع إيمانهم ولله جنود السموات والأرض وكان
الله عليما حكيما ٤

تقديم

تعتبر مصر من أقدم الدول فى قياس قيم المجال المغناطيسى الأرضى بدون انقطاع منذ ١٩٠٧ حتى يومنا هذا. بدأت هذه القياسات بالمعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية (مرصد حلوان سابقا) بحلوان عام ١٩٠٧ حتى عام ١٩٦٠، ونظرا لكهربة خط قطار حلوان - القاهرة فى نهاية عام ١٩٥٥ - أصبحت حلوان منطقة ذات شوشرة، لذلك أنشىء مرصد المسلات المغناطيسى بمحافظة الفيوم عام ١٩٦٥ طبقا لتوصيات الجمعية الدولية للمغناطيسية الأرضية والإيرونومى (IAGA) وتمت قياسات دقيقة متزامنة فى حلوان والمسلات مما حقق إصدار قيم المغناطيسية بدون انقطاع لمدة قاربت على المائة عام.

ويتمتع المرصد المغناطيسى بمصر بموقع جغرافى فريد فى القارة الإفريقية والشرق الأوسط، و يتم تحديث الأجهزة بصفة مستمرة، ويشترك فى المشروعات الدولية مع المراصد المماثلة، وهو أحد المراصد السباقة فى الدخول مع مجموعة مراصد الإنترماجنت على المستوى الدولى. ونظرا لذلك جذب ومازال يجذب، العلماء البارزين فى مجال المغناطيسية الأرضية لزيارة المعهد وإجراء دراسات علمية مشتركة أمثال سيدنى شابمان الإنجليزى، وكارل فينارت الألمانى ، ووالسن كامبل الأمريكى وغيرهم كثيرون من جميع القارات.

ويتميز عصرنا الحالى بتطور مهول فى التكنولوجيات مما جعل العلماء كل فى مجاله أن يبذلوا الجهد فى تطويع دراساتهم للتغلب على مايقابل هذه التكنولوجيات من مشاكل.

ويحرص المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية على إصدار كتيبات مبسطة عن التطورات الحديثة فى مجالات تخصصاته بهدف مساعدة القارىء العربى على متابعة كل حديث فى المجالات العلمية، ويقدم الكاتب فى هذا الكتيب نبذة عن المجال المغناطيسى الأرضى وتطويع الدراسات المغناطيسية لخدمة التكنولوجيات سواء فى الماضى والحاضر والمستقبل. والكتيب ليس فقط إضافة لما كتب عن المغناطيسية الأرضية بل سيضيف معلومات حديثة وقواعد أساسية تفيد القارىء العادى والباحث والمتخصص.

رئيس المعهد

أ. د. أنس محمد إبراهيم عثمان



يتقدم المؤلف بخالص الشكر إلى

السيد الأستاذ الدكتور/ عبد الراضى غريب حسانين

أستاذ الجيوفيزياء بالمعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية

على مراجعته الدقيقة والمناقشات التى أدت إلى ظهور

هذا الكتاب فى صورته الحالية.

مقدمـــة

خلق الله سبحانه وتعالى الإنسان فى الأرض خليفة، فضله على سائر المخلوقات بعقل راجح، يستخدمه فى تيسير حياته على هذه الأرض، والتغلب على الصعاب التى تقابله، وتطويع مالديه من ظواهر طبيعية لخدمة وصيانة مايتوصل إليه من تكنولوجيات يستحدثها.

وسوف نعرض فى هذا الكتيب كيفية تطويع المغناطيسية الأرضية لخدمة التكنولوجيات فى الماضى والحاضر والمستقبل. وللإستزادة من التطبيقات فى الماضى قد يرجع القارىء إلى تاريخ المغناطيسية الأرضية وكتيب النشاط الشمسى وأثره على البيئة الأرضية للمؤلف، يبدأ الكتيب بموجز عن المغناطيسية الأرضية ثم يعرض التطبيقات الخاصة بموضوعات البيئة الفضائية، يلى ذلك إستعراض التأثيرات الضارة للعواصف المغناطيسية على الأقمار الصناعية وخطوط الأنابيب وشبكات القوى الكهربائية ونظم الاتصالات. وسوف نوضح استخدام المغناطيسية الأرضية فى التعرف على التكوينات الأرضية واكتشاف الثروات المختبئة فى القشرة الأرضية وتركيب الأرض نفسها.

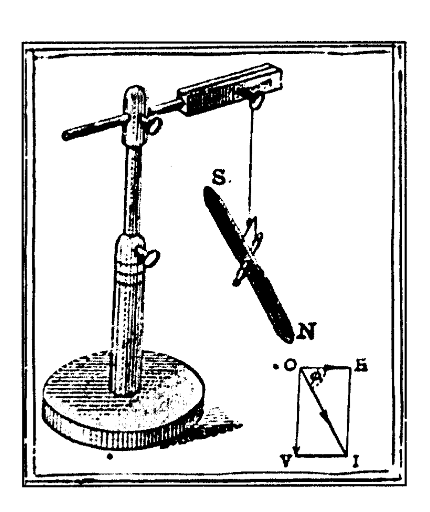
وربما يعتقد أن أهمية الدور التقليدى للبوصلة الملاحية قد انخفضت بسبب التطور المستمر للنظم الملاحية الحديثة التى تعتمد على الأقمار الصناعية، ورغم صحة هذا الاعتقاد لحد ما إلا أن هناك تطبيقات حديثة مثل الحفر الموجه للآبار، بالإضافة إلى الحاجة الملحة للدقة العالية المطلوبة فى تصحيح القياسات المغناطيسية الحقلية.

وأخيرا يوضح الكتيب بعضا من المجالات ذات الاهتمامات المستقبلية لاسيما التنبؤ المستقبلى لحالة المجال المغناطيسى الأرضى، وارتباط المغناطيسية الأرضية بكل من الكائنات الحية، وبالمناخ على المستوى العالمى بالقرب من سطح الأرض وكذلك فى الفضاء البعيد.

المغناطيسية الأرضية فى خدمة البيئة والعلم والمجتمع فى الماضى والحاضر والمستقبل

المغناطيس الطبيعى والصناعى:

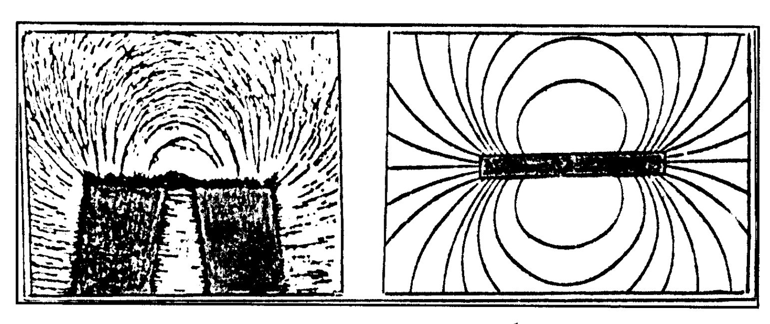
توجد فى الطبيعة أحجار يطلق عليها الأحجار المغناطيسية مكونة من مجموعة معادن معروفة بالماجنتيت (أكاسيد الحديد الممغنطة $Fe_3 O_4$)، يسمى هذا الحجر المغناطيسى بالمغناطيس الطبيعى، حيث يتميز بقدرته على جذب الحديد والصلب، وإذا علق تعليقا حرا من مركز ثقله نجده يميل قليلا على المستوى الأفقى، ويأخذ دائما اتجاها محددا ينحرف قليلا عن اتجاه الشمال والجنوب الجغرافيين مهما أزيح عن موضعه (شكل ١).



(شكل ١) مغناطس معلق تعليقا حراً

يوجد بصفة عامة منطقتان على سطح المغناطيس بالقرب من طرفيه تكون قوة الجذب إليهما أكبر مايمكن . وللتقريب نعتبر قوة الجذب كما لو كانت تنبعث من نقطتين داخليتين تسميان قطبى المغناطيس، ويطلق على القطب القريب من الطرف المتجه إلى الشمال الجغرافى بالقطب الشمالى للمغناطيس بينما يسمى الآخر المتجه إلى الجنوب الجغرافى بالقطب الجنوبى للمغناطيس . وتتنافر الأقطاب المتماثلة وتتجاذب الأقطاب المختلفة. ويلون عادة أقطاب المغناطيس الشمالية باللون الأحمر والأقطاب الجنوبية باللون الأزرق.

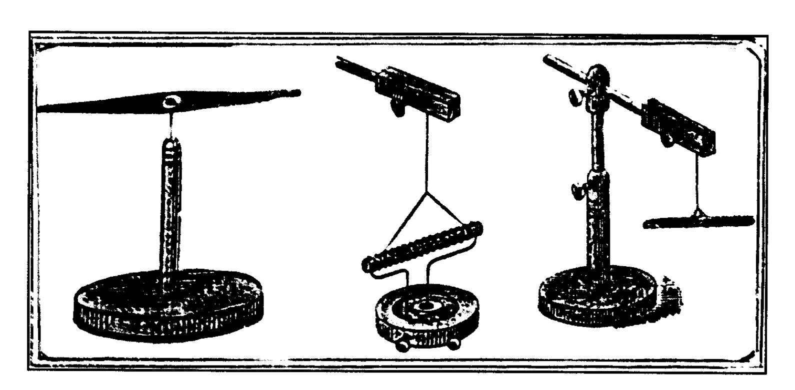
ويوصف تأثير المغناطيس فى الوسط المحيط به بأن المغناطيس ولد مجالا مغناطيسيا. ويميز المجال عند كل نقطة بشدة واتجاه محددين، يتغيران من نقطة إلى أخرى. وتعرف الشدة المغناطيسية بالقوة المبذولة على قطب معزول، وتولد وحدة المجال على وحدة القطب وحدة تقاس بالجاوس. ويمثل المجال المغناطيسى بخطوط القوى (شكل ٢)، وهى خطوط وهمية ترسم فى المجال بحيث إذا علق فيه مغناطيس قصير حر التعليق أو ارتكز على سن مدبب (إبرة مغناطيسية) فإنه سيدور حتى يأخذ اتجاه الخطوط. ونعتبر خطوط القوى كما لو كانت تنبع من القطب الشمالى وتتجه ناحية القطب الجنوبى.



(شكل ٢) خطوط القوى لمغناطيس

من جهة أخرى بالإضافة إلى خواص المغناطيس الفيزيائية المعروفة حاليا، فقد أعزى إليه في العصور الوسطى شفاء العديد من الأمراض التى يعزى الآن شفاؤها إلى التأثير الكهربائى مثل وجع الأسنان، والنقرس، والإستسقاء، والنزيف الدموى، والتشنج، حتى النزاع بين الرجل وزوجته جاءت ضمن قوى المغناطيس السحرية فى تلك العصور.

إذا وضعت قطعة من الحديد بالقرب من مغناطيس، أو عرضت لمجال مغناطيسى فإنها تتمغنط بالحث المغناطيسى أى تكتسب جميع صفات وخواص المغناطيس. ويصنف الحديد إلى نوعين: الحديد القاسى ويمكن مغنطته بصعوبة ولكنه يحتفظ بمعظم مغناطيسيته، والحديد الناعم ويمكن مغنطته بسهولة أكبر ولكنه يفقد معظم مغناطيسيته عندما يزول المجال المؤثر. وهناك عدة طرق لمغنطة الأجسام الحديدية أو الصلب، تتم إحداها على سبيل المثال بوضع الجسم بين قطبى الكترومغناطيس، وأخرى شائعة بوضع الجسم فى قلب ملف من السلك يمرر فيه تيار كهربى خلال الملف، وفى بعض الأحيان يمغنط الجسم بدلكه بمغناطيس آخر، وللمغناطيسات أشكال مختلفة (شكل ٣).

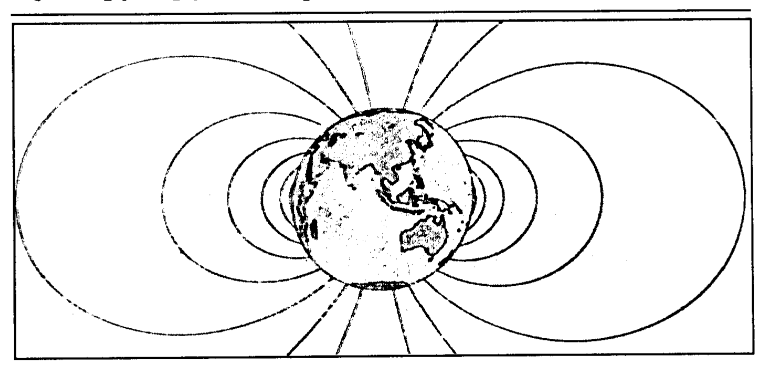


(شكل ٣) بعض أشكال المغناطيسيات الشائعة

ويفقد المغناطيس شدته عند تسخينه، ولكنه يستعيد مغناطيسيته كاملة عندما يبرد إذا لم يكن تسخينه لدرجة عالية، أما إذا تم التسخين لدرجات عالية فإن المغناطيس لن يستعيد شدته كاملة عند التبريد. وفى حالة تسخين المغناطيس إلى نقطة كورى وهى ٧٥٠ درجة مئوية للحديد فإنه يفقد آية صفة مغناطيسية، وإذا برد فى مجال مغناطيسى جديد فسيمغنط بالتأثير وسيحتفظ بمغناطيسية جديدة تتوقف على المجال الجديد.

المجال المغناطيسى الأرضى:

تعمل الأرض على الأجسام القريبة من سطحها كما لو كانت جسما مغناطيسيا كبيرا ذو قطبين، ومولدة مجالا مغناطيسيا حولها (شكل ٤) . ويمكن تصور هذا المجال كما لو كان ناشئا عن مغناطيس كبير جدا عند مركز الأرض يميل بزاوية حوالى ١١ درجة على محور دورانها، لذلك نجد أن الإبرة المغناطيسية الحرة التعليق من مركز ثقلها تستقر بحيث يأخذ محورها المغناطيسى اتجاه خطوط المجال المغناطيسى الأرضى، منحرفة بزاوية عن اتجاه الشمال الحقيقى تسمى زاوية الإنحراف، ومائلة على الاتجاه الأفقى بزاوية تسمى زاوية الميل، وتتوقف كل من الزاويتين على المكان. فإذا أزيحت الإبرة عن وضع اتزانها فإنها تتذبذب بتردد يتناسب تناسبا عكسيا مع شدة المجال الأرضى وعليه يمكن حساب شدة المجال المغناطيسى الأرضى بواسطة مغناطيس معاير. ويعترى المجال تغيراً فى قيمته واتجاهه من مكان إلى آخر ومن لحظة إلى أخرى.



(شكل ٤) خطوط المجال المغناطيسى الأرضى بالقرب من سطح الأرض

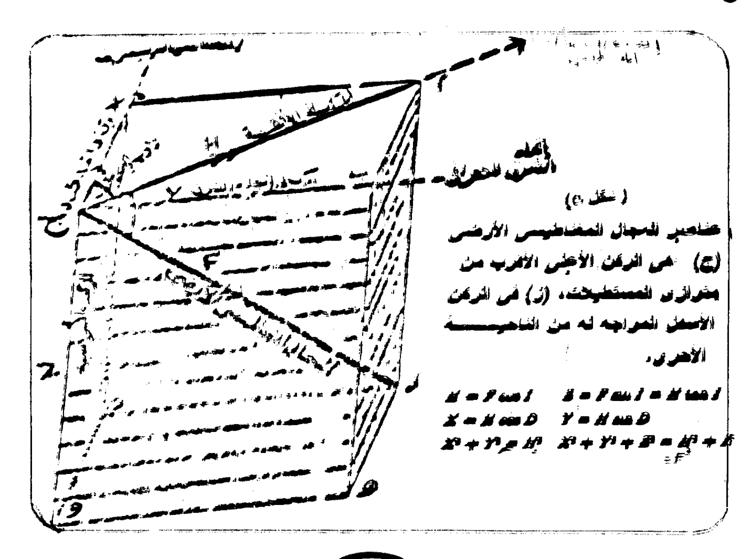
ويتكون المجال المغناطيسى الأرضى من مجموعة مجالات مغناطيسية تنشأ من عدة منابع هى: المجال الأساسى الناشىء من التيارات التى تسرى فى قلب الأرض، والمجال الناشىء من القشرة الأرضية الناتج من الصخور المغناطيسية، والمجالات الخارجية الناشئة من التيارات الكهربية التى تسرى فى طبقات الأيونوسفير، وأخيرا المجالات المولدة بسبب التيارات الكهربية المنتجة بالتأثير فى القشرة الأرضية والمعطف بسبب تغير المجالات الخارجية مع الزمن. ولكل من هذه المجالات أهمية علمية خاصة، كما أن العديد من التطبيقات المختلفة لنمو الاقتصاد وخدمته تحتاج إلى عزل هذه المكونات كل على حدة.

ولقياس المغناطيسية الأرضية فى أى مكان يلزم تحديد كل من : مستويين هما المستوى الأفقى، ومستوى الزوال الجغرافى الحقيقى وهو دائرة عظمى رأسية تشمل القطبين الشمالى والجنوبى الجغرافيين، والسمت الحقيقى وهو الزاوية بين الزوال الحقيقى عند نقطة الرصد والمستوى الرأسى الذى يشتمل على الجسم ونقطة الرصد، والزوال المغناطيسى وهو المستوى الرأسى الذى يحدد باتجاه خطوط القوى.

عناصر المغناطيسية الأرضية:

ذكرنا أن المغناطيس إذا علق تعليقا حرا من مركز ثقله عند نقطة (ج) (شكل ٥) فإنه يستقر فى وضع مواز لخطوط المجال المغناطيسى الأرضى (ج) منحرفا قليلا عن الشمال الجغرافى بزاوية الانحراف (د ج أ) وهى الزاوية بين الزوال الجغرافى والزوال المغناطيسى وتعتبر شرقا أو غربا إذا كان الشمال المغناطيسى يقع شرق أو غرب الشمال الحقيقى.

كما يميل المغناطيس على المستوى الأفقى (أ ب ج د) بزاوية الميل (أ ج ز) . ويعتبر الميل شمالى أو جنوبى طبقا لميل قطب المغناطيس الشمالى أو الجنوبى أسفل المستوى الأفقى على الترتيب، ويعتبر الميل الشمالى موجبا . ولذلك نقول أن المجال المغناطيسى الأرضى كمية متجهة، أى لها مقدار وإتجاه، ويحلل المجال إلى مركبتين إحداهما فى الاتجاه الرأسى تسمى المركبة الرأسية (ج و) وتعتبر موجبة عندما تكون زاوية الميل موجبة، والأخرى فى الاتجاه



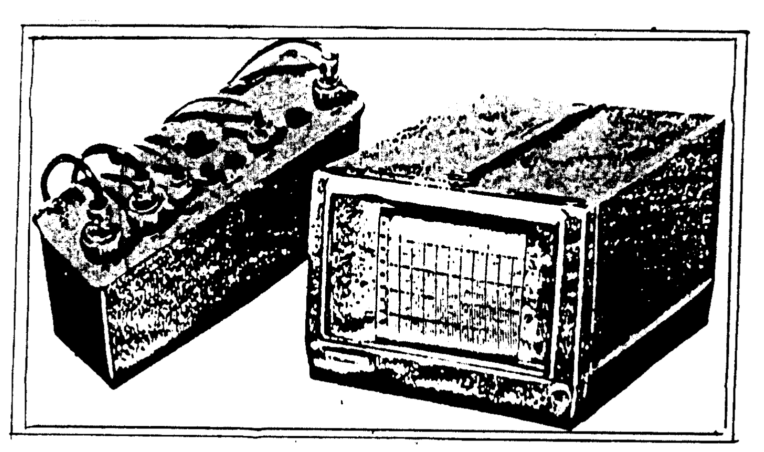
(شكل ٥)
عناصر المجال المغناطيسى الأرضى (ج) هى الركن الأعلى الأقرب من متوازى المستطيلات، (ز) فى الركن الأسفل المواجه له من الناحيـة الأخرى.

الأفقى تسمى المركبة الأفقية (ج أ) وتعتبر دائما موجبة مثلها مثل المجال نفسه، كما تحلل المركبة الأفقية أيضا فى اتجاهى الشمال الجغرافى (ج د) والشرق الجغرافى (ح ب) . ويطلق على زاوية الانحراف وزاوية الميل والمركبة الرأسية والمركبة الأفقية ومركبتيها بعناصر المجال المغناطيسى . ويوجد أجهزة مختلفة لقياس هذه المركبات كل على حدة، أو قياس المجال الكلى حسب نوعية الدراسة المطلوبة (شكل ٦) .

ونظرا لعدم إنتظام المجال المغناطيسى على سطح الأرض، لذلك يجب أن تتم القياسات فى أماكن عديدة للحصول على صورة مرضية لهذه الظاهرة . وقد أعطيت أسماء خاصة للأماكن التى يكون فيها المجال المغناطيسى الأرضى أفقيا بخط الاستواء المغناطيسى ، والتى يكون فيها المجال رأسيا بالأقطاب المغناطيسية . وخط الاستواء المغناطيسى هو خط وهمى يصل بين النقاط التى تكون فيها زاوية الميل صفرا، أى أن المغناطيس الحر التعليق من مركز ثقله سيتخذ وضعا أفقيا . ويقع خط الاستواء المغناطيسى جنوب خط الاستواء الجغرافى فى أمريكا الجنوبية وشماله فى افريقيا وآسيا ومعظم الباسفيك، ووضعه ليس ثابتا بل يطرأ عليه تغير طفيف . ويميل قطب المغناطيس أسفل المستوى الأفقى إذا كان شمال خط الاستواء المغناطيسى، بينما يميل قطب المغناطيس الجنوبى أسفل المستوى الأفقى إذا كان جنوب خط الاستواء . وتزداد قيم زاوية الميل وكذلك المركبة الرأسية كلما بعدنا عن خط الاستواء المغناطيسى .

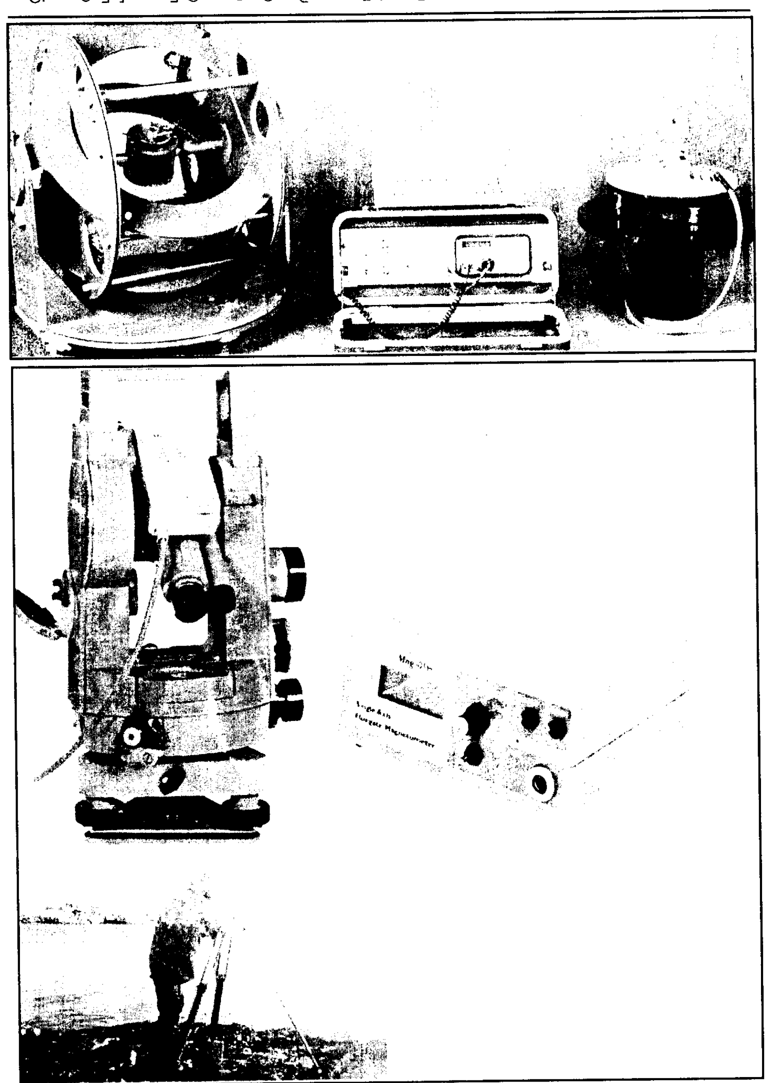


الجهاز البروتونى الدوار لقياس القوة الكلية



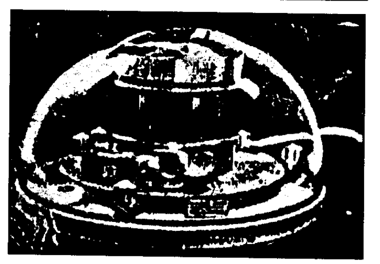
محطة أساسية حقلية لتسجيل التغير النسبى للمركبات المغناطيسية

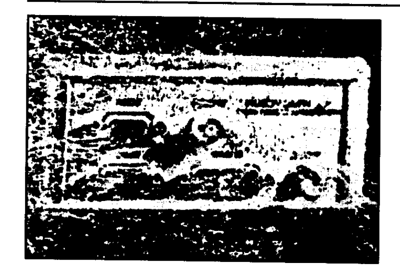
(شكل ٦-أ) بعض المغناطومترات لقياس عناصر المغناطيسية الأرضية



مغناطومترات لقياس عناصر المغاطيسية الأرضية

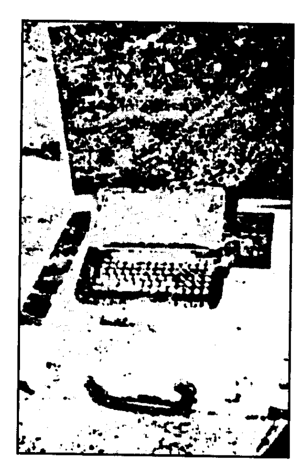
(شكل ٦-ب) بعض المغناطومترات لقياس عناصر المغناطيسية الأرضية



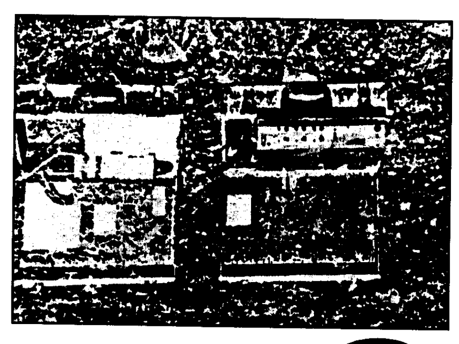


مغناطومتر بوابة الفيض الرقمى



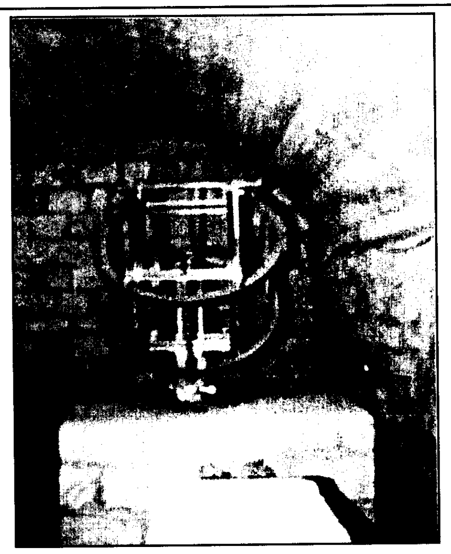


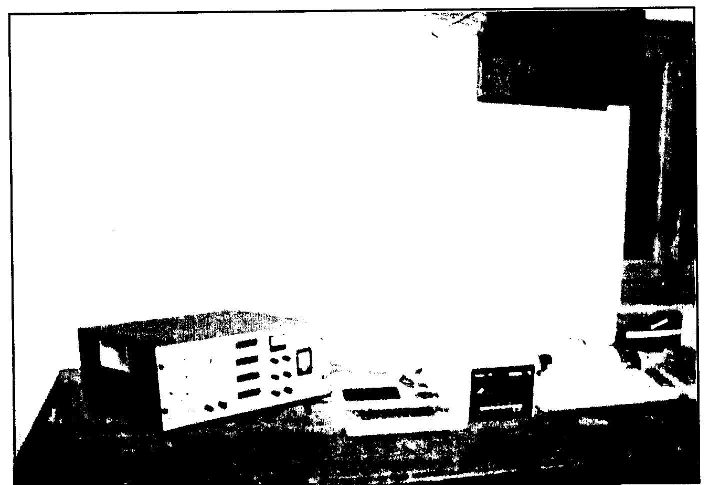
مغناطومتر بوابة الفيض (٣محاور)



(شكل ٦-ج)

بعض المغناطومترات لقياس عناصر المغناطيسية الأرضية





الجهاز البروتونى المزود بالحاسب

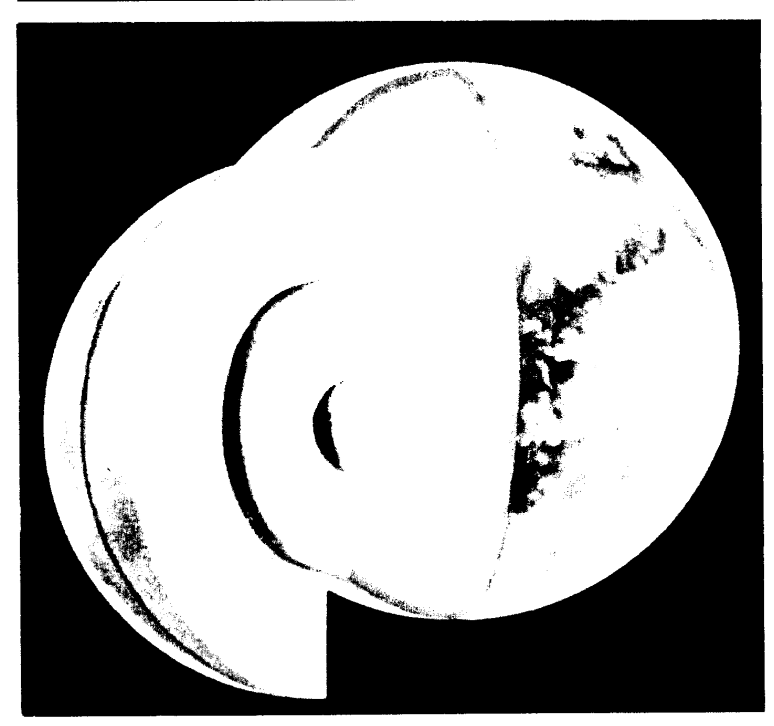
(شكل ٦- د) بعض المغناطو مترات لقياس عناصر المغناطيسية الأرضية

عند قطبى المغناطيسية الأرضية الأساسيين الشمالى والجنوبى تصغر قيمة المركبة الأفقية، ومن ثم فإن البوصلات لاتصلح لتحديد الاتجاه الصحيح فى هذه الأماكن. علما بأن قيمة الشدة الكلية عند القطبين تصل إلى ضعف قيمتها عند خط الاستواء المغناطيسى. ولايقع القطبان المغناطيسيان للأرض على طرفى قطر، كما لايقعان على خط موازى لمحور الأرض، بل يبعد الخط الواصل بينهما حوالى ١١٠٠كم من مركز الكرة الأرضية، كما يقعان على بعد حوالى ١٥٠٠ كم من القطبين الشمالى والجنوبى. وموضعى القطبين غير ثابت، فهما يدوران بسرعة بطيئة غير ثابتة فى عكس اتجاه دوران الأرض، ويعتقد أن دورتيهما تتم فى ٩٦٠ سنة، وإحداثياتهما التى اعتمدت لسنة ١٩٦٠ م هى:

	خط العرض	خط الطول
القطب الشمالى المغناطيسى	٩ر٧٤° شمالا	١ر١٠١° غربا
القطب الجنوبى المغناطيسى	١ر٧٦° جنوبا	٧ر١٤٢° شرقا

المجال المغناطيسى الأرضى الأساسى وكيفية تولده:

يبين الشكل (٧) أن الكرة الأرضية تتكون من ثلاث طبقات متتالية ذات خواص متباينة من حيث درجات الحرارة والكثافة والجهد الكهربى. هذه الطبقات الثلاث هى القشرة الأرضية ويتراوح عمقها بين ستة كيلو مترات أسفل المحيطات إلى ٣٥كم أسفل القارات تزيد إلى ٧٠ كم أسفل سلاسل الجبال، ويلى القشرة الأرضية المعطف ويصل عمقه إلى حوالى ٢٩٠٠ ويتكون من البيروديت ومكونات أكثر كثافة منه. ثم القلب ويتكون من حديد ونيكل وينقسم إلى القلب الخارجى منه وهو فى حالة سيولة حتى عمق ٥٠٠٠ كم، ثم القلب الداخلى فى حالة صلابة وقد يكون متضمنا سائل.



(شكل ٧) باطن الأرض

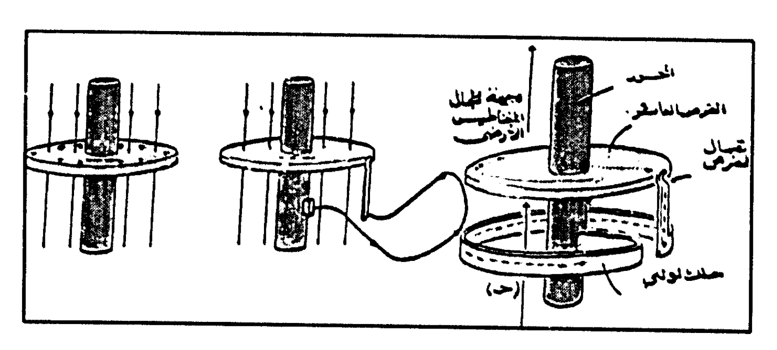
أ - القشرة - جرانيت (قارات) ٢٥ كم

ب - المعطف - بيريدوتيت ومكونات أكثر كثافة ٢٩٠٠كم

جـ - القلب الخارجى - حديد سائل ٢٠٠٠كم

د - القلب الداخلـــى - حديد صلـب ١٣٧٠كم

يعـزى الجـزء الأكـبـر من المجـال المغنطـيـسى الأرضـى عند سطح الأرض إلى تيـارات كـهربائيـة تنسـاب فى القلب الذى يتصف بقـوة توصـيل كـهربائى عـاليـة لتكوينه المعدنى. وإذا لم يكن هناك أسس للتـولد المسـتمـر لهذه التـيـارات فإنها تضـمـحل فى حـوالى ١٥٠٠٠ سنة، ولكن الشـواهد من دراسـة المغناطيـسـيـة المتبـقيـة فى الصـخور توضح وجـود المجال المغناطيسى الأرضى منذ مئـات مـلايين السنين. وتعتبـر نظرية الدينامو حيث تسـتخرج الطاقة من حركـة السـوائل فى القلب الخارجى وتتحول إلى طاقة كـهرومغناطيـسيـة هى أوسع النظريات تقبـلا لتـولد التيـارات، ويوضح شكل (٨) أساسـيات الدينامو بطريقة مبسطة: حيث يدور القرص الجيد التوصـيل فى مجال مغناطيسى أولى وتتولد قوة دافعة كهربية قطرية، ولو وصـل سلك بين حافة القرص مع المحور سينسـاب تيـار كهربى، وإذا لف السلك فى الاتجاه المبين بالشكل سيتـولد مجـال مغنـاطيسى فى نفس الاتجاه المماثل للمـجـال الأولى، وبزيادة معـدل الدوران نصل إلى نقطة حـرجة فـتصبح العملية تلقائية ولاتحتاج إلى المجال التأثيـرى الأولى بعد ذلك. ويلاحظ أن لف السلك فى الاتجاه المعـاكس يجـعل المجال المتـولد يعـارض المجـال الأولى ويتـوقف الدينامو عن العمل.



(شكل ٨) أبسط نموذج للدينامو صممه بولار ١٩٥٥

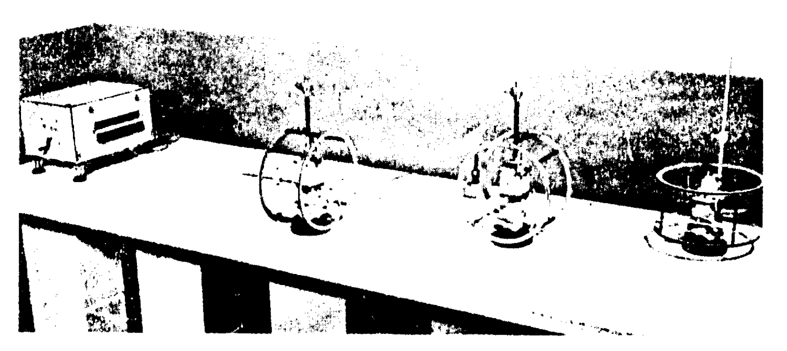
وبالرغم من أن عملية الدينامو التلقائية فى كرة من المواد الموصلة بعيدة عن التصور فى عدم وجود أسلاك موصلة لتضمن سريان ا لتيارات الكهربائية فى الاتجاه الصحيح، إلا أن النظريات والتجارب المعملية قد أثبتت إمكانياتها.

من الخصائص المثيرة لنظرية الدينامو أن نفس حركة القرص ستدعم زيادة المجال المغنطيسى حتى ولو عكس المجال الأولى حيث لاتوجد أفضلية اتجاه للمجال المولد بفعل الدينامو. وقد بينت دراسات « المغناطيسية القديمة» أن بعض الصخور قد مغنطت فى اتجاه مواز للمجال المغناطيسى الأرضى الحالى فى حين أن بعض الصخور الأخرى قد مغنطت فى اتجاه معاكس. وعند تحديد أعمار صخور كل نوع، فإن مطابقتها الزمنية لمدى كل نوعية فى القارات المختلفة يبرهن على أن المجال المغناطيسى الأرضى قد إنعكس لعدة مرات فى الماضى. وفى الدينامو البسيط فقد اتضح أن المجال المغناطيسى ليس له استقطاب مفضل. ويستغرق الاتجاه المعين مئات قليلة من آلاف السنين، ويتم إنعكاس المجال فى آلاف قليلة من السنين. وقد بدأ الإنعكاس الأخير منذ حوالى ٧٠٠٠٠٠ سنة وعليه فإننا على وشك إنعكاس قريب (جيولوجيا) فى المجال المغناطيسى الأرضى.

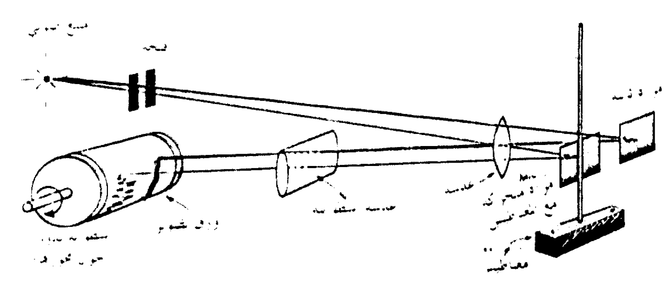
التغير الزمنى فى ا لمجال المغناطيسى الأرضى:

تتغير قيمة المجال المغناطيسى الأرضى فى المكان الواحد من ثانية إلى أخرى. ويصنف هذا التغير طبقا لمدى حدوثه. فمنه مايتراوح مداه من جزء من الثانية إلى دقيقة واحدة، ومنه مايكون مداه من دقيقة إلى ٢٤ ساعة، وآخر يمتد مداه من يوم واحد إلى سنة كاملة، وأيضا مايكون مداه من سنة إلى مائة عام، كذلك مامداه من مائة عام حتى ٣٠٠٠ سنة، وأخيرا مايكون مداه من ٣٠٠٠ سنة إلى ٢ مليون سنة .

ويتم تسجيل التغير الطارىء على المجال المغناطيسى الأرضى فى المراصد المغناطيسية المنتشرة على المستوى العالمى. ومن الأجهزة الكلاسيكية المستخدمة للتسجيل المستمر مجموعة لاكور (شكل ٩ أ، ب) التى تتكون من منبع ضوئى يرسل أشعة ضوئية إلى ثلاث مغناطيسيات ملصق بكل منها مرآة. ويوضع كل مغناطيس بطريقة خاصة لقياس

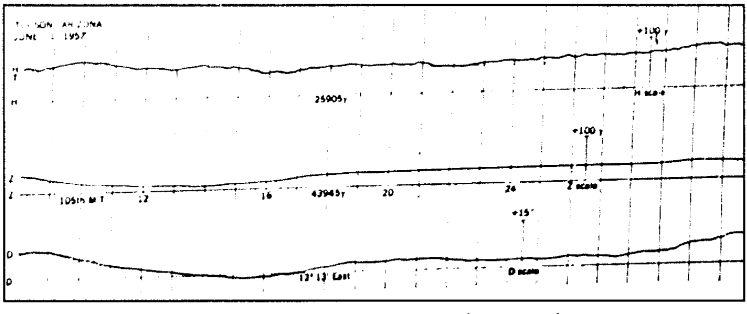


(شكل ٩ - أ) مجموعة مغناطومترات لاكور بمرصد المسلات المغناطيسى

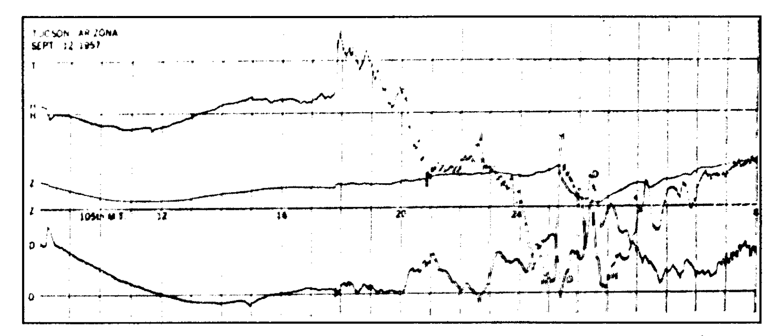


(شكل ٩-ب) رسم تخطيطى يوضح المغناطومترات ومسار الأشعة الضوئية لقياس التغير اليومى

التغير في إحدى مركبات المغناطيسية الأرضية (الأفقية والرأسية وزاوية الانحراف على سبيل المثال) . ينعكس الضوء من مرايا المغناطيسيات إلى ورق حساس ملفوف حول اسطوانة تدور بسرعة معينة مسجلا حالة المجال حيث يظهر منحنيا ناعما فى حالة الهدوء المغناطيسى (شكل ١٠- أ) ، ومنحنيا مضطربا فى حالة العواصف المغناطيسية (شكل ١٠-ب) ، وبمعرفة قيمة المركبة المطلقة فى لحظة معينة يمكن معرفة قيمة المجال فى كل لحظة . وقد استبدلت ، حديثا ، التسجيلات البيانية بتسجيلات رقمية بإدخال خلية ضوئية فى مسار الشعاع المنعكس تنتج تيارا كهربائيا يتناسب مع كمية الضوء الساقط عليها .



(شكل ١٠-أ) تسجيل ليوم هادىء مغناطيسيا

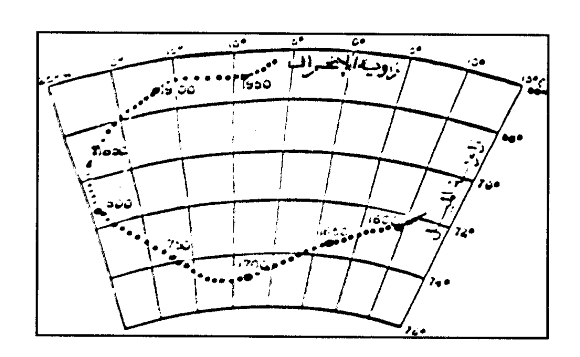


(شكل ١٠-ب) تسجيل ليوم عاصف مغناطيسيا موضحا البداية المفاجئة

فى أثناء هذا التغيير يضاف إلى ا لمجال المغناطيسى الأساسى الناشىء عن التيارات الكهربية التى تسرى فى قلب الأرض جزء متغير أصغر بكثير فى المقدار عن المقدار الأساسى. وسنجمل هنا مظاهر كل من التغيير الحقبى والتغيير اليومى والعواصف المغناطيسية والعواصف الثانوية.

التغيير الحقبى:

التغير الحقبى هو تغير بطئ مع الزمن للمجال المغناطيسى الأرضى ولكنه غير ثابت من سنة إلى أخرى. ومن الأماكن التى تم فيها رصد التغير الحقبى لعدة قرون وجد أن زاوية الانحراف مثلا قد تغيرت من شرق الشمال الحقيقى إلى غربه. ثم تراجعت ثانية فى اتجاه الشرق. وعلى سبيل المثال ظلت زاوية الانحراف فى لندن (شكل ١١) تتناقص منذ سنة ١٦٠٠م حيث كانت حوالى ١١ درجة شرقا حتى تطابقت مع الشمال الجغرافى حوالى سنة ١٦٥٧م، ثم تحولت إلى الغرب حتى أصبحت ٢٤٫٥ درجة غربا حوالى سنة ١٨١٩، ومنذ ذلك الحين ظلت تتناقص حتى أصبحت ٨٫٥ درجة سنة ١٩٨٦. كذلك نرى أن زاوية الميل ظلت تتزايد منذ سنة ١٦٠٠ حتى سنة ١٧٠٠ تقريبا، ثم بدأت تتناقص منذ ذلك الحين حتى سنة ١٩٣٥م، ثم بدأت تتزايد بعد ذلك.



(شكل ١١)

التغير الحقبى فى زاويتى الانحراف والميل فى لندن

التغير الدورى :

هو تذبذب الإبرة المغناطيسية عن متوسط وضعها الأصلى خلال اليوم. ويتراح مدى هذه التغيرات من ثوان قليلة إلى حوالى ١٢ دقيقة فى الأماكن المختلفة. وقيمتها أكبر فى خطوط العرض العليا عنه بجوار خط الاستواء. ويزداد تكرار حدوثها فى الصيف عنه فى الشتاء فى المكان الواحد. وتتميز حركة الإبرة فى نصف الكرة الشمالى باتجاهها نحو الشرق فى الصباح، وتبلغ أقصى مدى لها حوالى الساعة الثامنة أو التاسعة صباحا، ثم تتحرك ناحية الغرب حيث تبلغ أقصى مدى لها حوالى الساعة الواحدة أو الثانية بعد منتصف الليل، ثم تتحرك ناحية الشرق لمدة أربع أو خمس ساعات ، ويقل التغير من الفجر حتى الصباح المبكر، وتنعكس هذه الملامح فى النصف الجنوبى من الكرة الأرضية. ويتضح أن هذا التغير يتوقف على وضع الشمس بالنسبة للأرض خلال اليوم ، ويسمى التغير اليومى الشمسى.

وهناك أيضا تغير فى قيمة المجال المغناطيسى الأرضى يتوقف على وضع القمر بالنسبة للأرض، ويسمى التغير القمرى، وهو حوالى ١ر. من قيمة التغير اليومى الشمسى. ويرجع هذا التغير إلى تأثير ظاهرة المد والجذر التى يولدها القمر على الطبقات العليا المتأينة (الأيونوسفير) فيتولد التغير القمرى اليومى.

الغلاف المغناطيسى الأرضى:

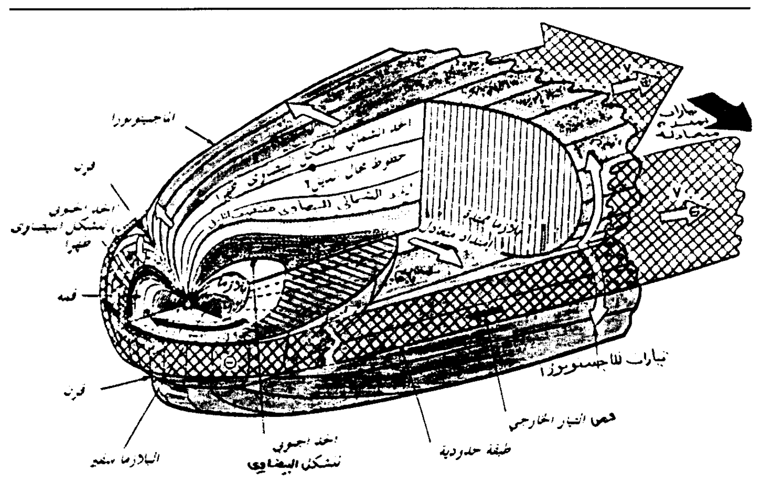
تعتبر الشمس منبعا لكلا الاشعاعات الكهرومغناطيسية والجسيمية. ويهمنا فى دراستنا للمجال المغناطيسى الأرضى الإشعاع الشمسى عند الطول الموجى الفوق بنفسجى والأشعة السينيية، ذلك لأن غازات الطبقات العليا فى الغلاف الجوى تمتص الإشعاع عند هذه الأطوال الموجبة وتصبح متأينة، وطبقات الغلاف الجوى التى يحدث بها ذلك التأين تسمى طبقات الأيونوسفير وتمتد إلى

أعلى ابتداء من ٦٠كم حتى ٢٠٠٠ كيلو متر فوق سطح الأرض. والتأين يجعل هـذه الطـبقات موصلات كهربائية. وعليه تصبح قادرة على إعانة التيارات الكـهربية التى تنتـج المجالات المغناطيسية الإضـافية المـشاهدة عند سـطح الأرض.

كما تشع الشمس بصفة مستمرة بروتونات وإليكترونات مكونة الرياح الشمسية وتنساب هذه الرياح قطريا خارجة من سطح الشمس بسرعة من ٤٠٠ إلى ٦٠٠ كم / ثانية ناقلة معها خطوط المجال المغناطيسى الشمسى، يطلق على هذا المجال الراسخ فى الرياح الشمسية المجال المغناطيسى السيارى وتستغرق الجسيمات فى الرياح الشمسية حوالى ثلاثة أيام لتنتقل من الشمس إلى الأرض.

وتمتد الرياح الشمسية إلى مسافات تتراوح بين ٥٠ إلى ١٥٠ قدر المسافة بين الشمس والأرض، ويرجح هذا الامتداد الكبير نظرا لأن ضغط وسط مابين النجوم غير كاف لحصر الجسيمات النشيطة قوية العزم الآتية من الثقوب الأكليلية الشـمـسـية. ونطلق على المنطقة التى تغلب فيها هذه الرياح الهيليوسفير.

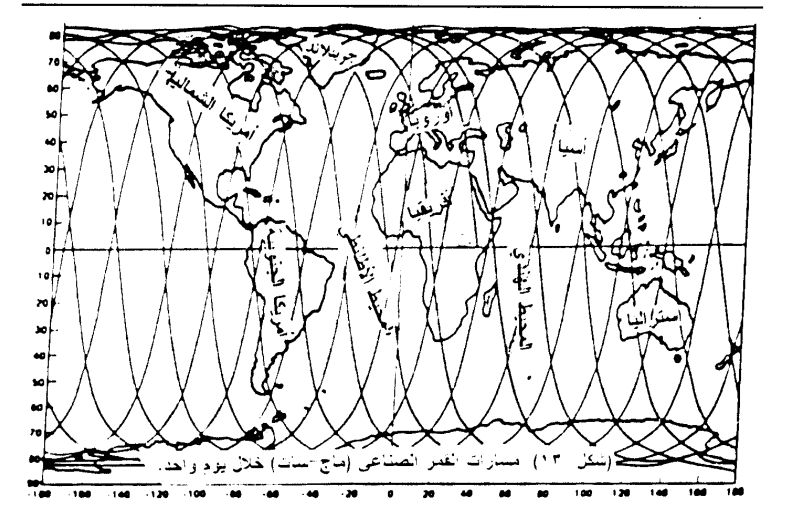
ونظرا لتحرك الأرض حول الشمس فى هذه البيئة ذات الرياح الشمسية، فإن المجال المغناطيسى الأرضى يتفاعل مع الانسياب الشمسى، حيث يعمل هبوب الرياح الشمسية على تغليف وتغيير شكل المجال المغناطيسى الأرضى، فينحصر المجال فى شكل دمعة العين البيضاوية، وبصفة عامة فإن هذه الرياح تضغط حيز المجال المغناطيسى الأرضى المواجه للشمس إلى حوالى ١١ قدر من نصف قطر الكرة الأرضية، بينما يمتد هذا الحيز إلى مابعد مدار القمر (حوالى ٦٠ قدر نصف الكرة الأرضية) لنصف الكرة الأرضية المظلم، وهذا الحيز بأكمله هو الغلاف المغناطيسى الأرضى (شكل ١٢).



(شكل ١٢) الغلاف المغناطيسى الأرضى مع أسماء المناطق و التيارات

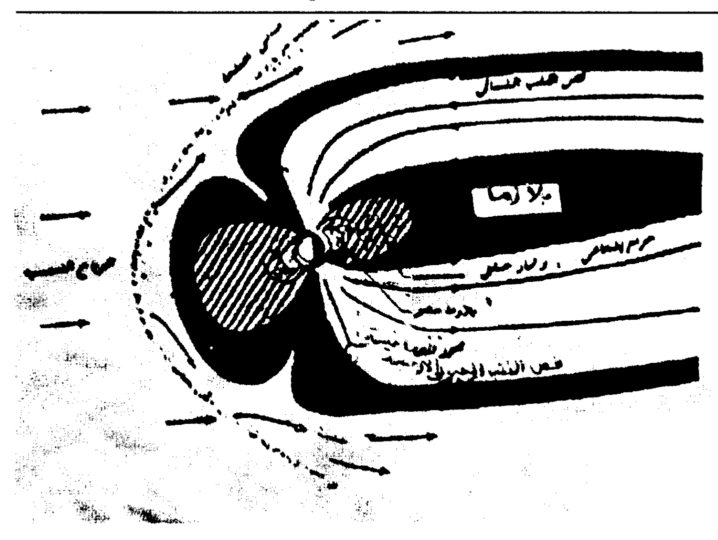
وحيث إن شدة المجال المغناطيسى الأرضى تقل مع زيادة البعد عن الأرض فإن المجال يظل محتفظا بهيئته (التى ذكرت فى صفحة ١٥ شكل ٤) ممتدة فى الفضاء لأضعاف قليلة من نصف الكرة الأرضية . وخارج هذه الحدود فإن المجال المغناطيسى الأرضى يعانى باضطراد تشوها فى شكله نتيجة تأثير الرياح الشمسية وتيارات كهربائية ، خاصة المتولدة بعمليات الاضطرابات الملازمة ، وقد بينت دراسة البيانات التى يتم الحصول عليها بواسطة الأقمار الصناعية أن حيز المجال المغناطيسى الأرضى منطقة ديناميكية وتيارات ومجالات .

وتجرى دراسة أقصى البيئة الخارجية للكرة الأرضية بواسطة مركبات الفضاء العديدة التى تعبر هذا الحجم المهول (شكل ١٣) . وتمتد منطقة الغلاف المغناطيسى الأرضى إلى أبعد من القمر وتشبه شكل النيازك ، ويتكون الغاز الرقيق فى الغلاف المغناطيسى من جسيمات مشحونة كهربائيا مكونة مايعرف بالبلازما . ويتاخم المجال المغناطيسى الأرضى الرياح الشمسية ، وهى بلازما متكونة بواسطة التمدد المستمر للأكليل الشمسى إلى داخل الفضاء السيارى (مابين الكواكب) .



(شكل ١٣) مسارات القمر الصناعى (ماج - سات) خلال يوم واحد

ويُرغم عمود الرياح الشمسية المتجه إلى الأرض على أن يبطىء بعضا من تياراته عند جوانبه مما يخلق صدر صدمة منحنى (شكل ١٤) . ويمتص حوالى ١٪ من طاقة الرياح الشمسية فى الغلاف المغناطيسى الأرضى وتقتنص بعض جسيماتها المشحونة، وفور اقتناصها تكون معرضة لانحراف يفرضه ميل وانحناء المجال المغناطيسى، وكذلك المجالات الكهربائية المتخللة، كما تشتت أيضا بواسطة الطيف الغنى بالموجات الكهرومغناطيسية والكهروستاتيكية والهيدرومغناطيسية التى تحدث تلقائيا فى البلازمات. وفى ظل هذه الأحداث تتسارع الالكترونات والبروتونات لتكون خزانا لبلازما ساخنة (حوالى ١٠ مليون درجة مطلقة) تعرف بالبلازما الممتدة، وتكون قلب الغلاف المغناطيسى الأرضى (كما فى الشكل ١٢).



(شكل ١٤) منحنى الصدمة لعمود من الرياح الشمسية

وتصل خطوط المجال المغناطيسى المتخللة فى البلازما إلى كل من نصفى الكرة الأرضية الشمالى والجنوبى فى حزم خطوط العرض المحصورة بين ٦٠ درجة و٧٥ درجة شمالا، و٦٠ درجة و٧٥ درجة جنوبا. وتسبب الجسيمات المشتتة من البلازما الممتدة إلى داخل الغلاف الجوى عند هذه الخطوط الإنبعاث المرئى فى أعالى الغلاف الجوى للوهج القطبى الشمالى والجنوبى. وخطوط المجال المنبعث من الأرض الأقرب للقطب لاتصل نصفى الكرة الأرضية الشمالى والجنوبى، ولكنها تمرخلال فصوص بلازما الذيل الرقيقة جدا، قبل دخول الفراغ السيارى. ويحتوى جزء البلازما الممتدة الأقرب إلى الأرض على جسيمات تسارعت حتى طاقات مليون الكترون فولت لتكون أحزمة فان آلان الإشعاعية . وتنحرف جسيمات الحزام الإشعاعى حول الأرض وتولد تيار حلقى ذو ملايين عديدة من الأمبيرات.

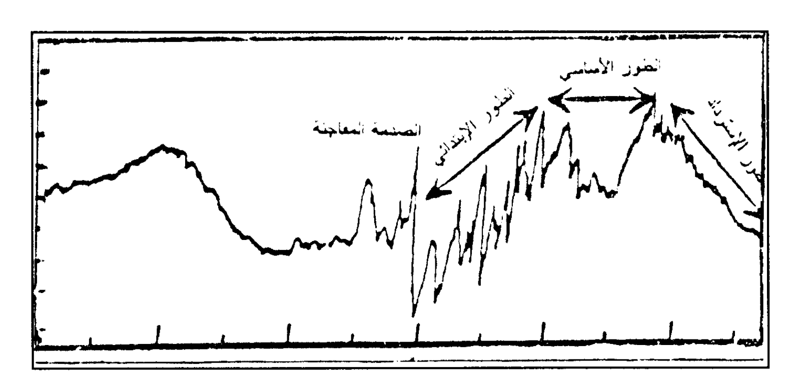
وعندما نقترب أكثر من الكرة الأرضية نجد منطقة توريدال من البلازما- بلازماسفير - وهى امتداد إلى الخارج عند خطوط العرض الوسطى لأعالى الغلاف الجوى المتأين أو الأيونوسفير . ومن المعروف أن الأيونوسفير المتكون بواسطة الإشعاع الشمسى الإلكترومغناطيسى يهب جسيمات ليس فقط إلى البلازماسفير ولكن أيضا إلى مناطق أخرى من الغلاف المغناطيسى الأرضى. والعمل يجرى الآن لمعاملة الغلاف المغناطيسى الأرضى كمعمل هائل لفيزياء البلازما تتم فيه دراسة الأرصاد السابقة وكذلك محاولة إجراء تجارب فعالة.

العواصف المغناطيسية:

تحرر العمليات الديناميكية على الشمس لاسيما أثناء النشاط الشمسى فيضامن الجسيمات المشحونة (بروتونات وإلكترونات) مع المجالات السيارية تسرى بين المجموعة الشمسية فتصل إلى البيئة الأرضية فتسبب إضطرابات فى المغناطيسية عند سطح الأرض، سميت العواصف المغناطيسية.

ونقصد بالنشاط الشمسى وأثره على بيئة الكرة الأرضية وصف التغيرات فى الجسيمات النشيطة قوية العزم وكذلك فى المجالات الكهرومغناطيسية التى تتأصل عند الشمس وتسافر إلى حيز المجال المغناطيسى الأرضى، فتسبب تأثيراً عنيفاً فى غلاف الأرض الجوى وكذلك فى مجالها المغناطيسى. والنشاط بالمقياس الزمنى يأخذ زمناً قصيراً فى إحساس الأنسان بالأحداث . ويقال أن الشمس فى حالة نشاط عندما يكون مقدار تلك التغيرات مقداراً كبيراً كبراً مميزاً بالمقارنة بمعدل السلوك عبر عشرات السنين. ويقال على منطقة معينة أو عملية معينة على الشمس أنها منطقة منبع نشط، عندما يمكن تتبع جسيم أو إضطرابه فى حيز المجال المغناطيسى الأرضى ويكونا مرتبطين بتغير متميز فى هذه المنطقة على الشمس.

وتحدث فى المجال المغناطيسى الأرضى عند خطوط العرض المتوسطة عاصفة كل سنة حيث تضطرب المركبة الأفقية بقدر يزيد عن ٢٥٠ نانوتسلا، وحوالى عشرة عواصف كل سنة أعلى من ٥٠ نانوتسلا. ويختلف عدد وشدة العواصف المغناطيسية مع دورة النشاط الشمسى كل إحدى عشر سنة مع التأخر عنها بسنة أو سنتين تقريباً.



(شكل ١٥) تسجيل عاصفة مغناطيسية

(مرصد المسلات يومى ١٥، ١٦يوليو سنة ٢٠٠٠)

ويسلك العديد من العواصف المغناطيسية التى تحدث عند خطوط العرض المتوسطة والقليلة مظهراً عاماً مشابها للمركبة الأفقية للمغناطيسية الأرضية (شكل ١٥)، وقد يحدث أحيانا غياب هذا المظهر العام. تبدأ العاصفة ببداية مفاجئة تحدث غالبا متزامنة لعدة دقائق فى كل مكان على وجه الأرض. والبداية المفاجئة تسببها موجة الصدمة عند الماجنيتوسفير المتكونة نتيجة وصول بلازما الرياح الشمسية السريعة، مبتدأة العاصفة. وقد يلى البداية المفاجئة زيادة فى مركبة المجال المغناطيسى ناحية الشمال كطور ابتدائى، وهو تأثير تضاغطى قد يستمر لعدة ساعات. وقد يحدث الكثير من العواصف بدون هذا الطور

الابتدائى. والمظهر الذى يلى الطور الابتدائى إن وجد، يسمى الطور الأساسى أو طور النمو، حيث تقل المركبة الأفقية للمجال المغناطيسى الأرضى وتتذبذب تذبذباً شديداً لمدة أطول وبسعات أكبر عما يحدث فى الطور الابتدائى، وحينئذ يوجد الوهج القطبى وتيارات كهربائية نفاثة قوية. وأخيراً فى طور الاسترداد تتبدد العاصفة تدريجياً متخذة أطول فترة حيث يعود المجال إلى المستوى العادى فى عدة أيام.

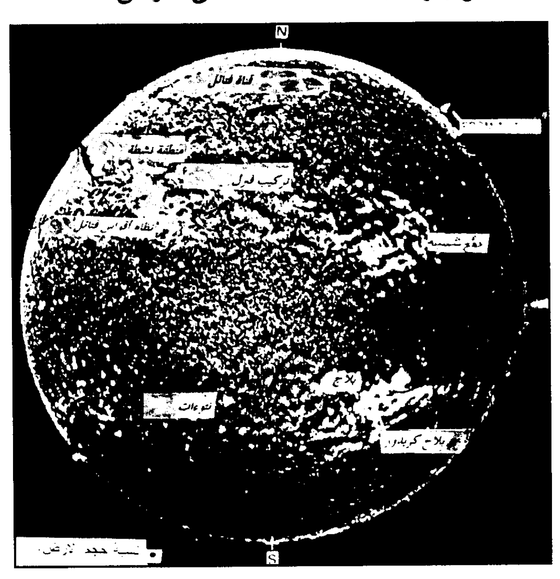
وهذا النظام فى الطور الأساسى وطور الاسترداد والذى يلاحظ بالمركبة الأفقية (H) عند خطوط العرض المتوسطة والمنخفضة ينتج عن إضافة العديد من المجالات المساهمة فى الاضطرابات. وعلى العموم فإن الرياح الشمسية توصل مايحمله الغلاف المغناطيسى الأرضى، ثم تتشتت فى العمليات المغناطيسية المرتبطة بالعاصفة. وتنقسم طاقة العاصفة بين الداخل إلى أيونوسفير الوهج القطبى، وخلق تيارات الغلاف المغناطيسى، وبين عمليات الذيل لهذا الغلاف.

وفى مناسبات نادرة، تحدث عواصف شديدة كتغير كبير جداً فى المجال، ولكن بدون وجود الأطوار المتتابعة بوضوح. ويواكب هذه العواصف تصادم بروتونات القلنسوة القطبية المفرطة الزيادة، وأيضا، بوهج قطبى أحمر التوهج.

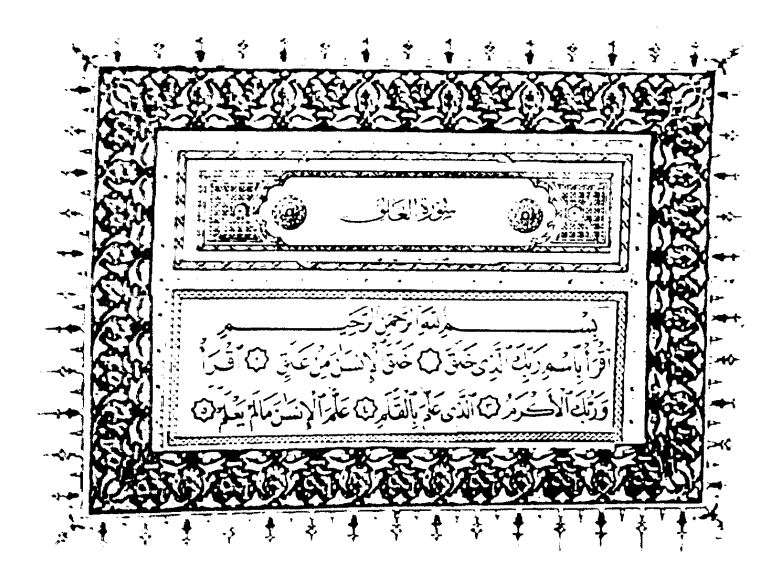
وكان يظن، قبل الاستكشاف المكثف للغلاف المغناطيسى الأرضى بواسطة الأقمار الصناعية، أن الطور الأساسى وطور الاسترداد للعواصف، أنهما ببساطة نتيجة مباشرة لنمو واضمحلال التيار الحلقى المحيط بالكرة الأرضية. وعلى كل فإنه مفهوم الآن أن العديد من المجالات المضطربة بالإضافة إلى جزء من التيارات الحلقية، تسهم فى القياسات التى تتم فى مراصد خطوط العرض المتوسطة والقليلة على سطح الأرض.

العواصف المغناطيسية الثانوية:

لقد نشأت فكرة العواصف الثانوية (وتسمى أحيانا عواصف الوهج القطبى الثانوية أو العواصف القطبية الثانوية) من الحاجة إلى ربط أرصاد العاصفة أثناء فترة نشاط إنفجارها فى أماكنها الأصلية فى الشمس (شكل ١٦) ، مع بعضها على مقياس زمنى أقصر من الأطوار الأساسية والاستردادية ، وتحدث العواصف الثانوية إذا كانت مركبة المجال المغناطيسى السيارى فى اتجاه الجنوب كلية سامحة لاتصال خطوط المجال بين الرياح الشمسية ومجال الغلاف المغناطيسى الأرضى المتجه شمالا ويكون هناك انحناء مميز ناحية الشمال . حينئذ تبدأ سلسلة عواصف ثانوية حيث تدخل الجسيمات الواصلة وتعدل شكل وتركيب الغلاف المغناطيسى الأرضى .



(شكل ١٦) صورة للشمس توضح مناطق إشعاع هيدروجين ألفا فى ٣١ يوليو ١٩٨٨


سورة العلق
بسم الله الرحمن الرحيم
اقرأ باسم ربك الذي خلق ١ خلق الإنسان من علق ٢ اقرأ
وربك الأكرم ٣ الذي علم بالقلم ٤ علم الإنسان ما لم يعلم ٥

التطبيقات المغناطيسية

الآن وقد تعرفنا بصورة مبسطة على المجال المغناطيسى الأرضى، وأن منبعه الأساسى ينتج من التيارات الكهربية عند قلب الأرض الخارجى، وأن التغيرات والتقلبات الزمنية التى تطرأ عليه مرتبطة ارتباطا أساسيا بالنشاط الشمسى، من ذلك نرى أن دراسة المغناطيسية الأرضية والتغير الطارىء عليها وتحليل البيانات المغناطيسية (التى يتم الحصول عليها من المراصد الأرضية الثابتة ومن الأجهزة الموضوعة فى الأقمار الصناعية) لابد وأن تعطينا صورة واضحة للظروف الكائنة فيما بين قلب الأرض وحتى الشمس مرورا بالمعطف، والقشرة الأرضية، وطبقات الغلاف الجوى بما فيها الطبقات المتأينة، وحتى حدود الغلاف المغناطيسى الأرضى، بل وتمتد معلوماتنا حتى مناطق النشاط الشمسى . ومن ثم نتطلع إلى معرفة العديد من الطرق التطبيقية التى تجند فيها المغناطيسية الأرضية لخدمة البيئة، وتكنولوجيا العصر الحديثة، والكشف عن باطن الكرة الأرضية، وما أودعه الله فيها من موارد اقتصادية وخلافه مما يخدم رفاهية البشرية.

عرفنا كذلك أن لكل من التغيرات والتقلبات الزمنية فى المجال المغناطيسى الأرضى مدى زمنى يختلف من تغير إلى آخر . وتحليل كل من هذه التقلبات يؤدى إلى التعرف على استخدامات متزايدة، سنتطرق إلى شرحها بالتفصيل فيما بعد، فعلى سبيل المثال :

أ - دراسة التغيرات ذات المدى من ٢٥ر. ثانية إلى دقيقة تساعد فى المقام الأول على استكشاف القشرة الأرضية، والكشف عن أماكن الشاذات مما يؤدى إلى تحديد أماكن الموارد المختبئة، وعن إنهيار محولات الطاقة الكهربية، بالإضافة إلى الكشف عن العمليات التى تجرى فى الغلاف المغناطيسى الأرضى.

ب - ومن تحليل التغيرات ذات المدى من دقيقة إلى ٢٤ ساعة، نستطيع التعرف على تركيب الغلاف المغناطيسي الأرضي وتشوهه وتياراته، واتجاه الرياح وسخونة طبقة الثرموسفير (طبقة الغلاف الجوى التى تبدأ من حوالى ٢٠٠ كيلو متر حتى حوالى ٣٥٠ أو ٧٠٠ كيلو متر تبعا لدورة البقع الشمسية)، وتيارات الطبقات المتأينة والمد والجذر التى تحدث فيها، وخصائص التوصيلة الكهربية للطبقة السفلى من القشرة الأرضية والمعطف والحواف المحيطة للقارات. وتؤثر العواصف المغناطيسية فى هذا المدى الزمنى على النظم المتعددة من عمل الإنسان مثل الأقمار الصناعية، ونظم الاتصالات، والشبكات الكهربائية، وخطوط الأنابيب الممتدة لمسافات كبيرة.

جـ - ومن المتغيرات ذات المدى من يوم إلى سنة نحصل على معلومات عن حركة السوائل فى قلب الأرض، وكذلك عن الحد الفاصل بين القلب والمعطف، وعن النشاط الشمسى والتغير فى قطاعات الشمس، والتغير فى المناخ بمنطقة التروبوسفير (طبقة الغلاف الجوى الممتدة من سطح الأرض إلى ارتفاع حوالى ١٠ كيلو مترات عند القطبين وحوالى ١٦ كيلو متر فوق خط الاستواء)، وعن التشوه فى الغلاف المغناطيسى الأرضى، كذلك نحصل على الخرائط الملاحية المغناطيسية من بيانات هذا المدى.

د - ومن التقلبات ذات المدى من سنة إلى ١٠٠ عام تكتشف المغناطيسية الأرضية التغيرات فى عزم المجال الثنائى المتولد فى القلب الخارجى للأرض (شكل ١٧)، والدورة الشمسية، والتغير فى العلاقات التى ترتبط بالشمس، والمناخ.



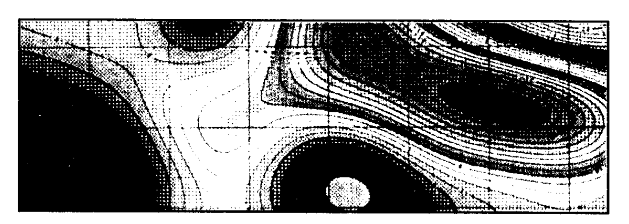
(شكل ١٧)
توليد المجال المغناطيسى الأساسى

هـ - وتزودنا التقلبات من ١٠٠ سنة إلى ٣٠٠٠ سنة بدراسات التأريخ بالطرق المغناطيسية، كما يزودنا إنسياب الحمم ذات العينات المغناطيسية بشواهد تمكنا من معرفة تجوال القطب، ونماذج إنحراف المجال الغير ثنائى للقلب الخارجى، والتغيرات المناخية التاريخية.

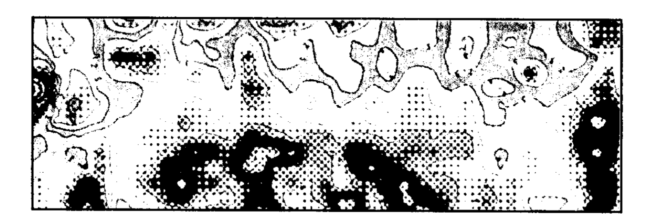
و - كما تكشف دراسة التقلبات ذات المدى من ٣٠٠٠ سنة إلى ٢٠٠ مليون سنة عن المغناطيسية القديمة وإنعكاس المجال المغناطيسى الأساسى فى القدم، وانجراف القارات.

ويجب التنوية عن أن المغناطيسية الأرضية تستخدم على نطاق واسع فى التعرف على مكونات الكرة الأرضية، والكشف عن التراكيب التحت سطحية، واستكشاف المعادن والبترول والمياه الجوفية فى القشرة الأرضية (شكل ١٨ - أ و١٨-ب)

ورغم أن الخرائط المغناطيسية الملاحية لاتحظى الآن بنفس الأهمية مثل التطبيقات الأخرى، إلا أن هذا الاستعمال قد شكل أهمية بالغة للحياة البشرية حيث يرجع الفضل للإبرة المغناطيسية (البوصلة) فى اكتشاف القارات.



(شكل ١٨ - أ) خريطة مغناطيسية إقليمية



(شكل ١٨ -ب) خريطة تواجد اليورانيوم طبقا للخريطة (١٨-أ)

ومن التطبيقات الحديثة والمستقبلية للمغناطيسية الأرضية التى تحظى باهتمام بالغ التنبؤ عن النشاط المغناطيسى، والربط بين المجال المغناطيسى والمناخ، وكذلك تأثير المجال على الأحياء والكائنات العضوية الحية.

وتنبع أهمية دراسة المغناطيسية الأرضية، والتنبؤ بها من الحاجة الملحة لتجنب الآثار الضارة للعواصف المغناطيسية على الأقمار الصناعية، وخطوط الأنابيب الممتدة لمسافات كبيرة، وشبكات القوى الكهربائية، ونظم الاتصالات المتعددة، وتعيين الاحداثيات الجغرافية. وتشمل الأجزاء التالية دور المغناطيسية فى خدمة هذه التكنولوجيات.

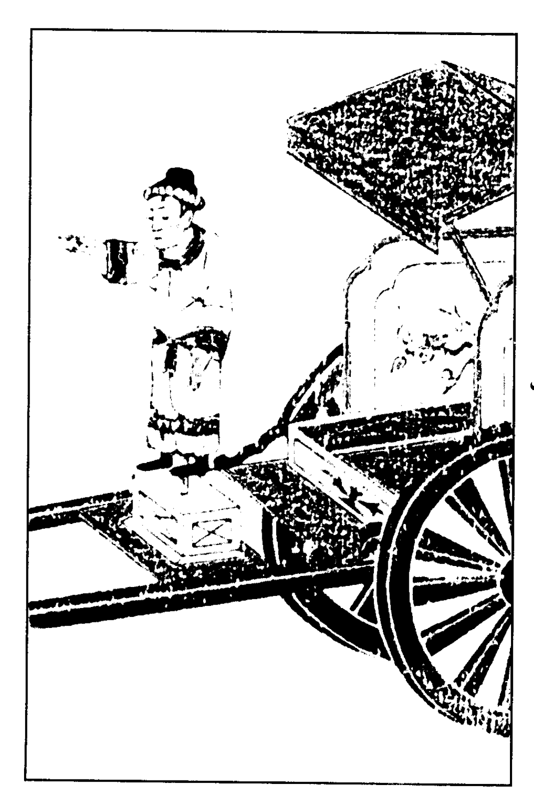
تطبيقات المجال المغناطيسى الأرضى فى الماضى

استطاع الجنس البشرى، منذ عصور سحيقة شملت معظم فترات التاريخ المدون، أن يسوس أمور الملاحة بدون استخدام أجهزة يعول عليها لتحديد الاتجاهات الصحيحة، حيث كانت هناك أمم منذ فجر التاريخ تميزت بمهارات متصلة بالبحر والملاحة البحرية. كذلك هناك من الأسباب مايجعلنا نعتقد أن التجار الفينيقيين قد وصلوا إلى السواحل الإنجليزية، ومن المفروض أنهم استخدموا القناة التى حفرت حوالى عام ١٥٠٠ قبل الميلاد، فيما بين نهر النيل بمصر والبحر الأحمر والتى استمرت صالحة للملاحة لفترة حوالى ٢٠٠٠ سنة. إلا أن تكاليف التجارة عبر البحار فى تلك الأيام المبكرة كانت مريعة سواءا فى الأرواح أو الأموال.

لم يكن لدى القدماء بوصلات مغناطيسية، بل كان اعتمادهم فى تحديد الاتجاهات متوقفا على رصد الشمس والنجوم، يهتدوا بها فى البر والبحر، وعندما تتلبد السماء بالغيوم كانت سلامة السفن فى وسط البحار تتوقف فقط على مدى نجاح القبطان فى قراءة اتجاه الرياح والأمواج. ولكن كل هذا تغير بدخول البوصلة فى أواخر العصور الوسطى، حيث أصبح لدى البحارة جهاز يبين الاتجاهات يطمئنوا إلى صحتها بغض النظر عن الرياح وحالة السماء.

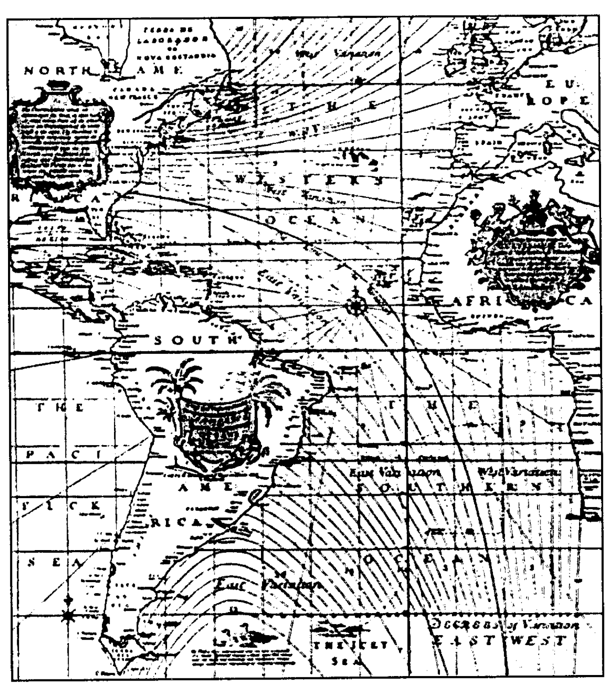
ولقد عرفت خاصية جذب الصخور المغناطيسية لبعضها وقدرتها على مغنطة الحديد لأكثر من ٢٥٠٠ سنة مضت. أما خاصية أن جزءا من الحجر المغناطيسى يأخذ دائما اتجاها محددا إذا علق تعليقا حرا لم يعرف زمنها على وجه التحديد. إلاأنه يظن أن هذه الخاصية قد عرفت لأول مرة فى الصين (شكل ١٩)، ويعتقد أن البوصلة قد استعملت فى الصين قبل أن تستخدم فى أوروبا بحوالى ٨٠٠٠ سنة .

أيضا لانعرف متى وأين اكتشف لأول مرة أن البوصلة لاتتجه إلى الشمال الجغرافى بل تنحرف عنه بالزاوية التى عرفت بزاوية الانحراف. ويعتقد أن كولومبس قد استخدم البوصلة الملاحية فى رحلته لكشف أمريكا سنة ١٤٩٢. وهناك من الشواهد بأنه لم يعبأ بأن زاوية الانحراف تختلف من مكان إلى آخر، وعلى كل فإن المزاول المصنعة فى تلك الأزمنة قد وجهت باستخدام البوصلة، وحيث أن المزاول قد استعملت على نطاق واسع فى العالم فمن الممكن أن نعتقد أن تغير زاوية الانحراف من مكان إلى آخر كان معروفا فى ذلك الوقت.



(شكل ١٩)
عجلة حربية تميز الجنوب
يعتقد أنها صينية
(موسوعة يابانية)

ولم تكن من قبيل المصادفة أن عصر الاستكشاف جاء مباشرة بعد انتشار البوصلة وادخال التحسينات عليها . ولاشك أن عودة كولومبس سالما من رحلته الهامة التى بدأ بها عصرا جديدا قد أعطت القوة الدافعة لروح جديدة للاستكشافات التى بلغت أوج العلى بعمل خريطة سطح الكرة الأرضية كلها تقريبا (شكل ٢٠) وقد قام ادموند هالى لأول مرة بعمل مجموعة من القياسات المغناطيسية فى المحيط الأطلنطى على ظهر الباخرة بارامور سنة ١٦٩٨ ، ونشر نتائجه كمجموعة خرائط مبينا عليها خطوط تساوى زاوية الانحراف وهى مماثلة للخرائط الحالية .



(شكل ٢٠) خريطة أدموند هالى لخطوط تساوى الانحراف

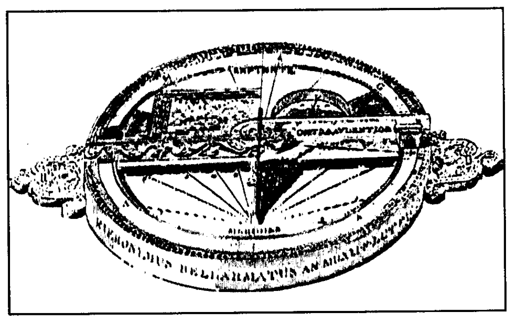
(نشرت عام ١٧٠١)

وبالرغم من مرور قرون عديدة منذ أن حررت البوصلة البحارة من خوفهم المريع من اجتياز المحيطات الغير مطروقة، فإنها مازالت تحظى حتى يومنا هذا بمكانة عالية فى الملاحة، وأنها أبسط وأرخص وسيلة لتحديد الاتجاهات سواءا فى البر أو البحر أو الجو.

كذلك استخدمت البوصلة فى تحديد اتجاهات التيارات البحرية. ونظرا لاعتماد الملاحة البحرية حتى وقت قريب على المجال المغناطيسى الأرضى فى تحديد الاتجاهات، فقد أضيفت تحسينات متتالية على البوصلة (راجع كتيب تاريخ المغناطيسية للمؤلف)، كما تم تجديد إنحراف البوصلة عن الشمال الحقيقى فى أى نقطة على سطح الأرض، كل ذلك شجع المسئولين عن أماكن إقلاع وهبوط الطائرات على اتخاذ البوصلة وسيلة لاتخاذ الاحتياطات اللازمة لسلامة حركة الطيران واتخاذ المسارات الصحيحة.

أيضا كانت البوصلة واحدة من أهم أجهزة المسوحات الأرضية فى القرون المبكرة لعصرنا الحديث برغم أنها لم تكن جهازا دقيقا، حيث أننا لانتوقع دقة عالية فى النتائج فى المسوحات التى تمت مبكرا باستخدامها (نظرا لتغير المجال من وقت لآخر)، بل يجب استبعاد البوصلة كجهاز مساحى حينما تلزم الظروف لاسيما عند تدقيق خصائص الأماكن التى تمت فيها قياسات أولية سابقة، أو عندما يتميز المكان باضطراب مغناطيسى محلى. وبالرغم من ذلك فإن للبوصلة ميزة السرعة والبساطة، بالإضافة إلى كفاءتها فى اقتفاء المسوحات السابقة التى تمت فى القدم باستخدام البوصلة، وأيضا فى المسوحات التى لاتتطلب الدقة البالغة كالغابات والصحارى وماشابهها.

كذلك استخدمت البوصلة على مدى واسع فى الاستكشافات الاستطلاعية. كما استخدمتها كافة جيوش العالم فى نفس الغرض (شكل ٢١).



(شكل ٢١)
مزولة مسافر مزودة بوصلة صنعت حوالى ١٥٤١ وذات علامة تبين الانحراف المغناطيسى (ج . هيلمان)

أيضا استعمل الجيولوجيون (شكل ٢٢) أجهزة القياس المغناطيسية لتحديد أماكن ترسبات خام الحديد وأكاسيده واقتفاء أثر التكوينات المغناطيسية المترسبة المدفونة تحت السطح والتى تتلازم مع أماكن تواجد البترول والمعادن. وتزداد أهمية هذا التطبيق كلما أوشكت الترسبات على النفاذ فى الموقع المستكشف.

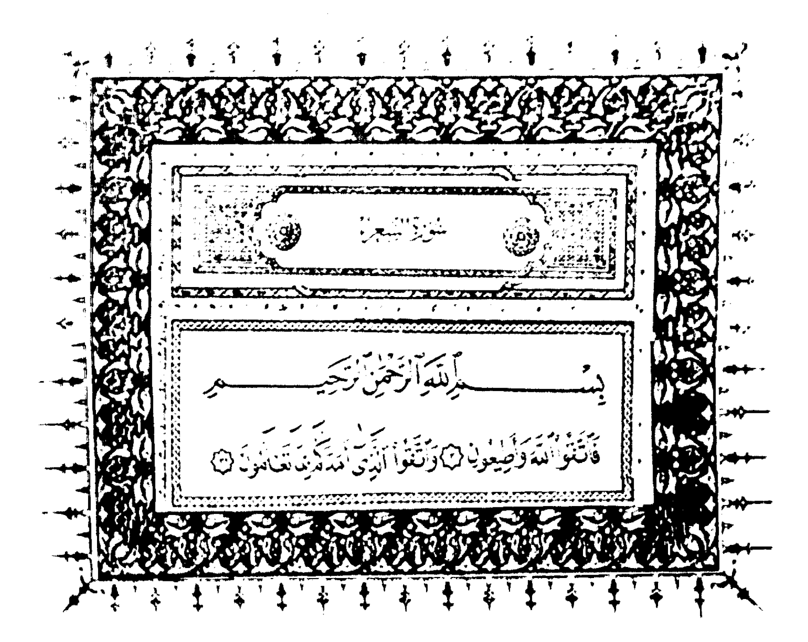


(شكل ٢٢) فريق استكشافى جيوفيزيقى متكامل لقياس المجال المغناطيسى الأرضى والتثاقلية الأرضية والكهربية الأرضية والنشاط الزلزالى

كذلك استخدمت الدراسات المغناطيسية، لسهولتها وقلة تكلفتها، فى تتبع الكثير من الظواهر الطبيعية والتغيرات التى تعتريها، نظرا لارتباط المجال المغناطيسى والتغير فيه بالسبب الرئيسى فى حدوث هذه الظواهر. فمثلا: منذ اكتشاف الطبقات المتأينة فى الغلاف الجوى، وأن التأين مرتبط بالتغيرات فى المجال المغناطيسى الأرضى، بما فى ذلك العواصف المغناطيسية، وأن هذا التأين مرتبط بالاتصالات الراديوية- وأن اضطرابه يسبب اضطرابا فى الاتصالات الراديوية، يتضح لنا مدى الصلة الوثيقة بين المجال المغناطيسى الأرضى والاتصالات الراديوية.

كذلك هناك ارتباط وثيق بين المجال المغناطيسى الأرضى وتيارات كهربية أرضية طبيعية تسرى فى الأرض تتميز بضآلتها، ولكن يحدث أحيانا أن تقوى لدرجة تداخلها مع أسلاك وكابلات الاتصالات السلكية حتى مع خطوط نقل القوى الكهربية. وقد وجد أن هذه التيارات مفيدة فى دراسة ظواهر القشرة الأرضية حيث يتضح لنا مدى الصلة الوثيقة بين المغناطيسية الأرضية والاتصالات السلكية، وظواهر القشرة الأرضية.

أيضا بينت دراسة الاشعاعات القوية الاختراق، المعروفة باسم الاشعاعات الكونية أنها تتأثر تأثرا مباشرا بالمجال المغناطيسى الأرضى والتغيرات الطارئة عليه. وقد عرف أن الأشعة الأقوى اختراقا الموجودة فى الفضاء توجد فى أحزمة فان ألن الاشعاعية التى اكتشفت بأجهزة خاصة حملتها الأقمار الصناعية خلال السنة الجيوفيزيقية الدولية للعام ١٩٥٧-١٩٥٨ وأنها تتكون من الكترونات وبروتونات قوية العزم اقتنصت بفضل المجال المغناطيسى الأرضى.


سورة الشعراء
بسم الله الرحمن الرحيم
فاتقوا الله وأطيعون ۝ واتقوا الذي أمدكم بما تعلمون ۝

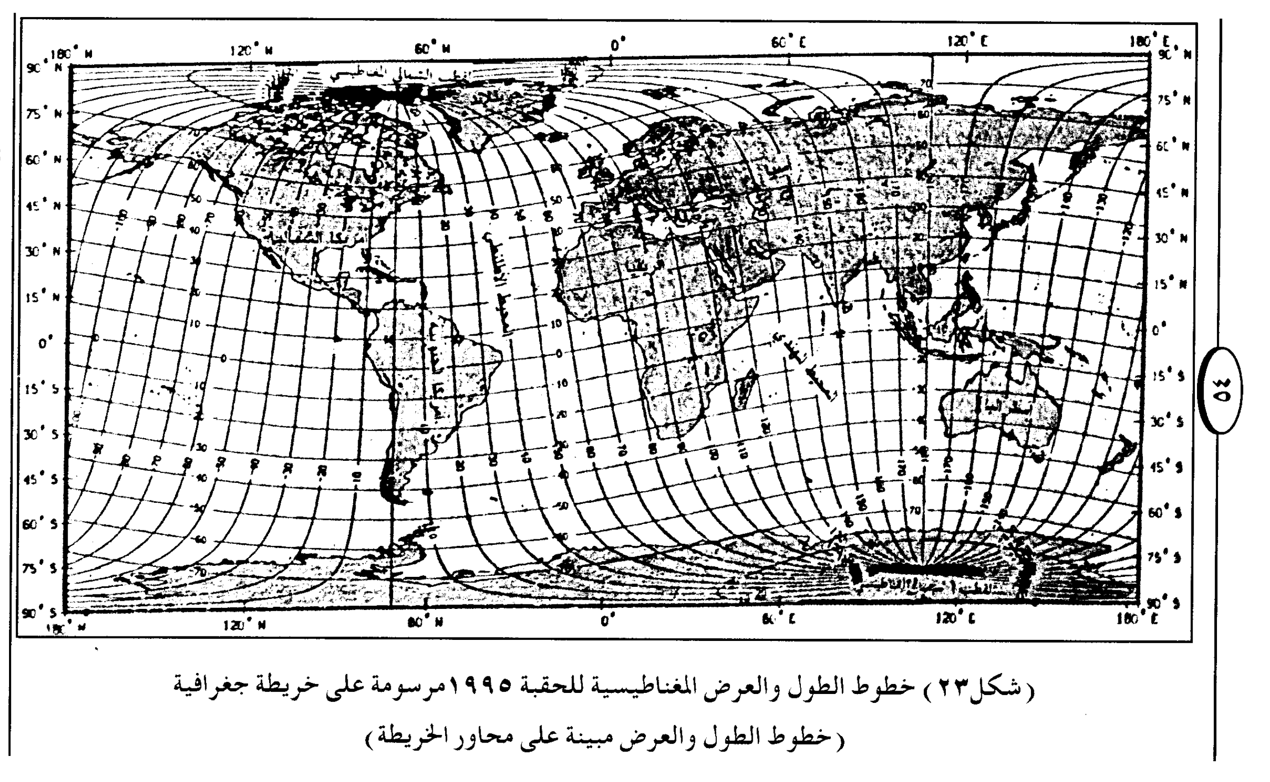
تطبيقات المجال المغناطيسى الأرضى فى التقنيات العصرية

فيزياء البيئة الفضائية:

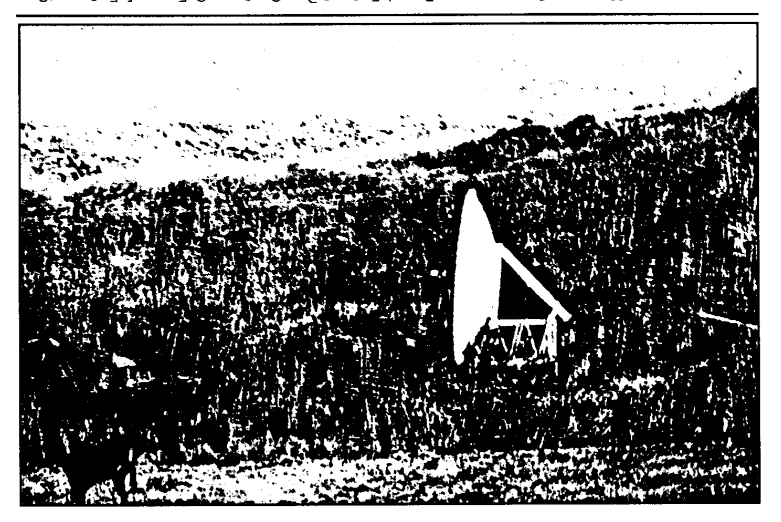
عرفنا أن للأرض مجالا مغناطيسيا أساسيا ثنائى القطبين، ينبع من التيارات الكهربية فى سائل القلب الخارجى للأرض تساق بالنمو التثاقلى للقلب الداخلى وينتظم اتجاهها نتيجة لدوران الأرض حول محورها. ويحدد المجال ثنائى القطبين الاحداثيات المغناطيسية عند سطح الأرض . ويمكن تعيين الاحداثيات الجغرافية بالرجوع إلى الاحداثيات المغناطيسية (شكل٢٣) مع الأخذ فى الاعتبار أن الأقطاب المغناطيسية تنحرف بإحدى عشرة درجة عن الاحداثيات الجغرافية. وتأتى الدقة المطلوبة بالرجوع إلى بيانات المجال المغناطيسى الأرضى وتقلباته المحفوظة بعناية فائقة لسنوات طويلة فى المراكز الدولية المتعددة.

كذلك نعلم أن سيطرة المجال المغناطيسى الأرضى على الجزئيات المشحونة تصل إلى أبعاد كبيرة فى الفضاء، وأن الغلاف المغناطيسى الأرضى يمتد إلى مسافات تقدر بأضعاف نصف قطر الكرة الأرضية، ويأخذ شكلا استطاليا يشبه دمعة العين كلما اقتربنا من حافة هذا الغلاف، وأن الرياح الشمسية ذات الجزيئات المتأينة ومايلازمها من المجالات المغناطيسية من الشمس تحدد نمط الشكل الخارجى للغلاف المغناطيسى الأرضى.

وقد تم الحصول على المعلومات المبكرة عن هذا السلوك الفضائى بتفسير وتأويل تسجيلات المراصد المغناطيسية (شكل٢٤) فى أوائل القرن الماضى قبل اطلاق الأقمار الصناعية، وتعتمد معلوماتنا الحالية عن بيئة الفضاء حول الأرض على الاكتشافات من الأقمار الصناعية، ومن تفسير وتأويل التغيرات الطارئة على المجال المغناطيسى الأرضى.



(شكل٢٣) خطوط الطول والعرض المغناطيسية للحقبة ١٩٩٥ مرسومة على خريطة جغرافية
(خطوط الطول والعرض مبينة على محاور الخريطة)



مرصد هارتلاند المغناطيسى (إنجلترا) (محطة فضائية)



مرصد المسلات المغناطيسى

(شكل ٢٤) بعض المراصد المغناطيسية

أعطاب الأقمار الصناعية ومساراتها:

تتحدد أعطال الحاسبات الآلية للأنظمة الفضائية التى تدور حول الأرض بتراكم الأعطاب الإشعاعية على دوائر التشغيل من الجسيمات النشطة فى الغلاف المغناطيسى الأرضى. كما أن البطاريات الشمسية التى تزود الأقمار الصناعية بالطاقة تفقد جزءا من المائة فى كفاءتها خلال كل عام نتيجة تعرضها للبيئة الشمس - أرضية. كذلك يعمل تيار المجال أثناء العواصف المغناطيسية فى خطوط العرض الكبيرة على تسخين الثيرموسفير، مسببا تمدده إلى الطبقات الأعلى وتحركه ناحية الاستواء. ويسبب كل من هذه الرياح الثيرموسفيريه وتغير الكثافة تثاقلا فى حركة الأقمار فى مساراتها المرسومة لها، فتقل سرعتها المدارية، مما يسبب انخفاضها عن مساراتها مؤديا إلى فقدان مرحلى لتتبعها، وأيضا زمن وجودها فى الفضاء.

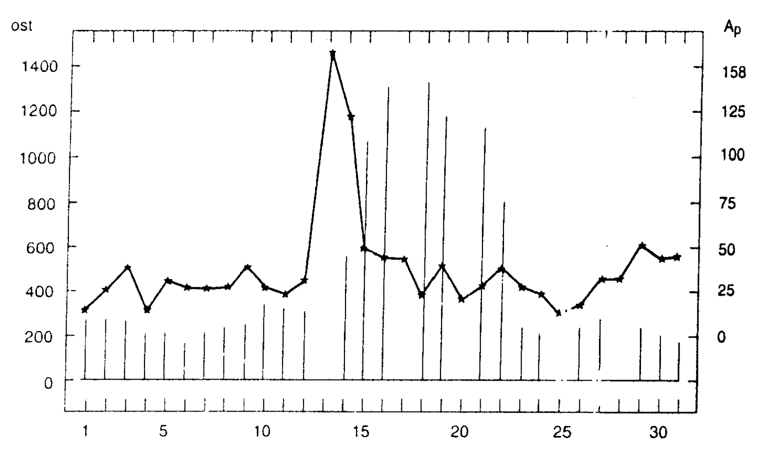
أيضا، فى أثناء زمن بعض العواصف المغناطيسية الناتجة عن انطلاق الجزيئات قوية العزم من الشمس، ونتيجة إنضغاط الغلاف المغناطيسى الأرضى بواسطة قوى الرياح الشمسية ترغم حافة الغلاف المغناطيسى على الاتجاه إلى الداخل حيث مواقع الأقمار الصناعية الثابتة على بعد حوالى ٦٫٦قدر نصف قطر الكرة الأرضية من سطح الأرض. وقد وجد أن هذا الانتقال يعاصر العديد من انحراف مسارات الأقمار الصناعية.

ويتم تحديد خطوط الطول الجغرافية للجسيمات التى تسبب الإعطاب فى الأقمار بموازنة الأقطاب الجغرافية والاستواء مع الأقطاب المغناطيسية التى تعين بدقة من خرائطنا المغناطيسية. كذلك يتم تحديد خطوط الطول لأوضاع المراكب الفضائية (لتقليل التعرض للجسيمات قليلة العزم) باعتبارات مغناطيسية باستخدام النماذج المغناطيسية العالمية التى يتم الحصول عليها من تحليل بيانات المراصد المغناطيسية الأرضية.

وقد لخص آلن ولكنسن عام ١٩٩٢ تأثيرات العاصفة المغناطيسية التى حدثت فى الفترة من ١٩ إلى ٢١ أكتوبر عام ١٩٨٩ على بعض الأقمار الصناعية الموجودة فى الفضاء خلال هذه الفترة. ويبين أن الأقمار (جوس Geos - ١ و-٢) قاست شوشرة مثل ماقاسته أقمار المدارات القطبية من إغلاق وحدات حصر الشاذات وإنقطاع ماتطلقه من الموجات القصيرة مما تسبب فى توقف النظم إلى أن تحسنت الظروف. كذلك حدث خلط فى شرائح الذاكرة للأقمار (ت د ر س TDRS - ١ و -٢ و -٣). أيضا أصاب القمر القطبى (يوسات UOSAT - ٢) شوشرة لاسيما فى منطقة الشذوذ المغناطيسى الممتدة جنوب الأطلنطى. كما قلت كفاءة الأقمار (جوس-٥ و-٦ و-٧). أيضا انخفضت كفاءة الأقمار الثابتة التجارية.

كذلك سجل رواد الفضاء بالعبارة الفضائية (أتلانتس) إصابتهم بإلتهاب فى أعينهم كنتيجة لتخلل بروتونات قوية العزم فى الأعصاب البصرية، وبالرغم من تقهقرهم إلى أعلى أماكن العبارة حماية، إلا أن الحساسية لم تهدأ إلا بعد إنتهاء حدوث البروتونات. وقد لوحظ شفق قطبى أحمر عند خطوط العرض المنخفضة، على خلاف العادة، فوق اليابان خلال هذه الأحداث، كذلك ارتفع الإضطراب المغناطيسى خلال يومى ٢٠ و٢١ أكتوبر عام ، وقد تعطلت بعض الأقمار الصناعية تماما خلال فترة نشاط الإضطرابات الشمس - أرضية، وكمثال للمشاكل الكبرى للأقمار الثابتة ماسجلته وكالة الدفاع بإنجلترا فى ٢٠ يناير ١٩٩٤ بأن أقمار الاتصالات (آنك ANIK-١ و٢) قد عانت من إنهيارات كاملة فى بعض دوائرها أدت إلى نقصان أعمارها، وقدرت الخسارة بعشرات الملايين من الدولارات. وقد أعزى العلماء هذه الإنهيارات إلى تأثير شحنات كهربائية فى دوائر التحكم كنتيجة لإنسياب إلكترونات عالية الطاقة فى الغلاف الجوى المغناطيسى . ويعتقد أن زمن وصول الرياح الشمسية ذات

السرعة العالية هو المتحكم فى الإنسياب المتعاظم نسبيا فى الغلاف الجوى المغناطيسى.



(شكل ٢٥) مقياس الإضطراب المغناطيسى A_p (الخط المنكسر) وعدد مرات فقدان تتبع مسارات الأقمار الصناعية (الخطوط الرأسية) خلال الفترة من ١ : ٣١ مارس ١٩٨٩

ومن المعتقد حاليا أن العديد من إنهيارات دوائر الأقمار الصناعية الكهربية يسببها اضطراب كهربائى دخيل مما يؤدى إلى تفريغ شحناتها. وقد بين العلماء مطابقة هذه الإضطرابات الكهربائية مع الإضطرابات المغناطيسية. وتصنع حاليا أغلفة حماية للأقمار الصناعية، مرتفعة التكاليف جدا، طبقا للعمر الافتراضى للقمر، ويقدر ذلك من دراسة دقيقة لإضطرابات الشمس- أرضية وماسببته من العواصف المغناطيسية المسجلة بالمراصد المغناطيسية الأرضية منذ فترة طويلة، والتوقع المستقبلى لهذه الإضطرابات.

ويتغير مدى عرقلة حركة الأقمار مع تغير كثافة الغلاف الجوى الناتج من سخونة الثرموسفير خلال العواصف المغناطيسية. ويبين (شكل ٢٥) عدد

مرات فقد تتبع مسارات الأقمار الصناعية عقب حدوث التقلبات المغناطيسية الأرضية. ويؤدى كل من إضطراب دولاب موازنة الأقمار (الذى يثبت السرعة) نتيجة تأثير الفوتوسفير وتراكم تأثير تثاقل حركة القمر فى مساره إلى نقص السرعة وانخفاض المسار فى الأيام التى تلى العواصف الثانوية مباشرة. وأخيرا ينقص الزمن الافتراضى للقمر بسبب إستهلاك الوقود فى إستعادة القمر إلى المسار المرسوم له، وبالرغم أن معظم الإنحرافات قد تعود إلى الحطام الفضائى، إلا أن تحديد أماكنها له أهمية بالغة لسلامة جميع سفن الفضاء.

وتتيح نظم التنبؤ بالعواصف المغناطيسية والتحذير منها التوصل إلى وضع نظم وإجراءات لحماية الأقمار الصناعية وتعديل إطلاقها لحين وقت أفضل. وتشمل برامج العبارات الفضائية خططا لوقف تنفيذ الطيران أثناء العواصف المغناطيسية الكبرى لحماية رواد الفضاء من التعرض للجسيمات النشطة المنطلقة وقت العواصف. كذلك زودت الطائرات الأسرع من الصوت مثل الكونكورد بوسائل لخفض مساراتها فى فترات العواصف المغناطيسية. وتعتبر البيانات الآنية المتاحة من مراصد الإنترماجنت (مجموعة مراصد على مستوى العالم ذات مواصفات محددة) أهم مصادر نظم التحذير المستخدمة فى البيئة الفضائية الصادرة عن مراكز التنبؤ بالعواصف المغناطيسية.

الكهرباء التأثيرية فى خطوط الأنابيب الطويلة:

تمتد خطوط أنابيب البترول فى ألاسكا وهى مدفونة جزئيا تحت سطح الأرض لمسافة ٧٦٩ ميل (١٢٨٠ كيلو متر) من حوالى خط العرض المغناطيسى ٦٩ درجة عند المحيط القطبى الشمالى إلى حوالى خط العرض المغناطيسى ٦٢ درجة عند شمال المحيط الباسفيكى ضمن منطقة الوهج القطبى التى تتميز بالمجال المغناطيسى المفرط والتيارات الأيونوسفيرية النافثة الفائقة الشدة. وتعتبر

هذه الأنابيب (من وجهة النظر الكهربائية) موصلا مدفونا نصفه تقريبا تحت السطح تقدر مقاومته بحوالى ٨ر٤ × ١٠-٦ أوم / متر متخذا اتجاهات موازية لخط العرض المغناطيسى ، وهو نفس الاتجاه الذى تفضله التيارات الأيونوسفيرية النفاثة. ونظرا للتوصيلية الكهربية العالية للأنابيب مقارنة بالأرض (حيث أنها متصلة أيضاً بكابلات من الزنك مدفونة فيها) ، فإن تقلبات التيارات الأيونوسفيرية أثناء العواصف المغناطيسية (مفضلة إتجاه شرق - غرب المغناطيسى) تولد تيارات تأثيرية تنساب فى خطوط الأنابيب. لذلك حدثت ثقوب صغيرة فى السطح العازل الكهربائى عند الوضع الأصلى للأنابيب كنتيجة لسريان التيار التأثيرى المتذبذب فيما بين الأنبوبة والأرض فى إتجاهه المفضل مسببا ظاهرة التآكل. وتتوقف ذروة التآكل على كل من تردد وسعة التيار وقت العاصفة، وطول الجزء المعرض من الأنبوبة له، والمادة المطمورة فيها الأنبوبة، وإرتباط تردد عملية التآكل. وإرتباط تردد التأثيرية المحلية للأرض.

ويبلغ التآكل الناشيء عن تيارات العواصف المغناطيسية أقصاه فى الأنابيب الموجودة عند خطوط العرض العالية، مثل الموجودة فى ألاسكا وكندا وسيبيريا، عندما يتذبذب المجال بزمن دورى من ٥ إلى ٣٠دقيقة، وقد تصل التيارات التأثيرية فى خطوط الأنابيب إلى ١٠٠٠ أمبير أثناء العواصف المغناطيسية الكبيرة. ويعتقد حاليا أن هذه الخطوط تتآكل بمعدل أسرع عما كان متوقعا بسبب عدم الأخذ فى الحسبان دور التيارات التأثيرية عند التصميم الأصلى.

كذلك يحدث تآكل الأنابيب الموجودة فى جميع خطوط العرض بسبب التيارات الثابتة المتولدة إما من اختلاف جهد الاتصال الكهربى بين الأجزاء المدفونة عبر خط الأنابيب أو من التيارات التأثيرية من المنشآت الصناعية القريبة. وتتم حماية معظم خطوط الأنابيب من هذا التآكل الخطير بتوجيه تيار

كهربائى إلى الأنابيب لجعل جميع المساحات المتعرضة للتآكل سالبة الكهربية (مهبط) بالنسبة للأرض . لذلك يجرى المهندسون مساحات متتالية لقياس الجهد الكهربى عبر الأنابيب لضبط وسائل ا لحماية المهبطية . وحيث أن العواصف المغناطيسية تولد فى خطوط الأنابيب فى جميع أنحاء العالم تيارات تأثيرية غير دائمة تغير من قيمة الجهد وقتيا ، لذا وجب على المهندسين إيقاف قياسات الجهد أثناء العواصف المغناطيسية تجنبا للحصول على قيم مرحلية زائفة لاتعكس حقيقة الوضع الدائم تؤدى إلى تقدير خاطىء لوسائل الحماية المهبطية مما يؤدى حتما إلى زيادة التآكل .

أيضا يولد كل من مجالات التيارات النفاثة فى المواقع القريبة من خط الاستواء نهارا ، وتعاظم مجالات العواصف المغناطيسية فى خطوط العرض المغناطيسية الصغيرة ، تيارات قوية تنساب فى خطوط الأنابيب الموازية للتيارات النفاثة . ويسبب تهيج الشدة العالية لهذه المنابع الاستوائية التآكل فى أنابيب هذه المناطق ، ومن ثم تحتاج إلى احتياطات أكبر للحماية بطريقة تحقيق سالبية مناطقها . ويتم تعيين مناطق التيارات التأثيرية المفرطة فى المناطق الاستوائية بعمل مسوحات مغناطيسية أرضية .

وتساعد البيانات المغناطيسية ، من المراصد العالمية ومراكز التنبؤ الخاصة بالبيئة الفضائية على إصدار التحذيرات اللازمة لشركات خطوط الأنابيب ، وإعلان مستويات النشاط الحالية والمتوقعة مستقبلا ، وهى معلومات فى غاية الأهمية لحماية خطوط الأنابيب فى هذه المناطق من ظاهرة التآكل .

التيارات التأثيرية فى شركات القوى الكهربائية:

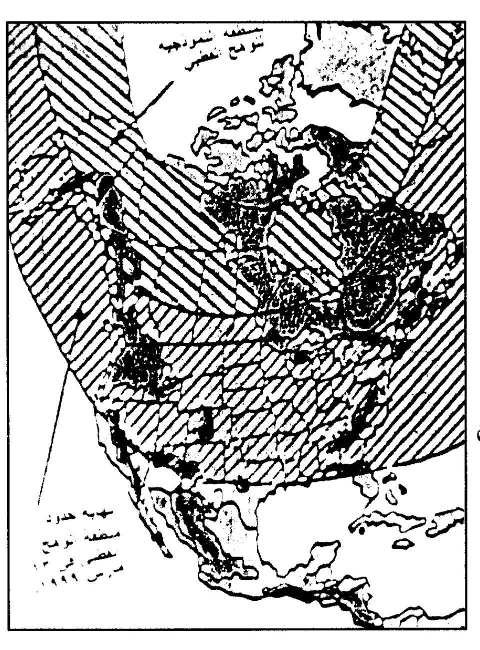
تتولد تيارات تأثيرية مخربة ، لاسيما عند خطوط العرض العالية ، تنساب فى شبكات القوى الكهربائية أثناء العواصف المغناطيسية حيث يصل مقياس

الإضطراب المغناطيسى k_p إلى الرقم ٧ أو أعلى ، (k_p هو مقياس للإضطراب المغناطيسى بأرقام تبدأ من صفر إلى ٩ طبقا لزيادة شدة الإضطراب ولكل رقم ثلاث درجات تميزه (-١ وصفر و ١) . وتتراوح الأضرار من عرقلة بسيطة فى دوائر التوصيل ، تسبب إنقطاعا عابرا للقوى الكهربائية فى المدن ، إلى تدمير ضفاف محولات محطات القوى الباهظة الثمن مما يسبب خسارة اقتصادية فادحة لانقطاع الطاقة الكهربية عن المؤسسات الصناعية وغيرها . وتقع المشاكل عندما تولد العواصف المغناطيسية تيارات تأثيرية فى المولدات ثلاثية الطور المتصلة كهربائيا بخطوط طويلة لنقل التيار . وترتفع درجات الحرارة المدمرة محليا فى الملفات ، وتحمل المكثفات الكهربية فوق طاقتها وتتعرقل عن أداء وظيفتها ، وتفشل الوسائل الوقائية للتيار ، وتنخفض درجة نقل الطاقة أو فقدانها كلية .

وكمثال لما يحدث فقد سببت عاصفة مغناطيسية شديدة فى ٤ أغسطس ١٩٧٢ . بلغ المقياس k_p الرقم ٩ ، فشلا كبيرا فى محول الطاقة ٢٣٠ كيلو فولت لمؤسسة الطاقة الكهرو- هيدرولوجية الكندية . كذلك سببت العاصفة المغناطيسية الشديدة ، بلغ المقياس k_p الرقم ٩+ ، التى حدثت فى ١٣ مارس ١٩٨٩ تذبذبا كبيرا فى المجال المغناطيسى تركز بالقرب من شرق كندا وشمال شرق الولايات المتحدة مسببا انقطاع طاقة كيوبك الكهروهيدرلوجيه لمدة ٩ ساعات .

كذلك انتابت مجموعة محطات الطاقة التى تخدم كل شمال شرق الولايات المتحدة انهيارات خلال نفس العاصفة التى أصابت كيوبك . هذا بالإضافة إلى ماسببته نفس العاصفة من تدمير محولات المعامل النووية الخاصة بالشركة العامة للخدمات الكهربية والغازية التى تبلغ تكاليف استبدالها حوالى ١٢ مليون دولار . واستبدال الطاقة المفقودة بتكلفة حوالى ٤٠٠٠٠٠ دولار .

ويبدو أن الطاقة التى تقتحم عنوة تتوقف على كل من قربها من مناطق التيارات النفاثة القطبية المتعاظمة، ونموذج اتصالات نظام شبكة القوى، وجيولوجية مناطق الصخور البركانية ذات المقاومة العالية (شكل ٢٦). يولد تقلب المجال المغناطيسى السريع أثناء العواصف المغناطيسية تيارات تدخل إلى الشبكات، ثم تخرج نظم طاقة تسرى خلال اتصال المحولات بالأرض مسببة مستوى تشبع ضار نصف دورى، يتبع ذلك زيادة درامية فى استنفاذ الطاقة الأصلية، وسخونة محلية مخربة، ثم نظم انخفاض جهد لايحتمل، وينساب تيار غير عادى وتتوالى مراحل الضرر التى تلحق بشبكات القوى.



(شكل ٢٦)
منطقة الوهج القطبى
(اللون البنفسجى)
ومساحات الصخور النارية
(اللون الأحمر)
حيث اقتحم تداخل نظم القوى فى المناطق المكثفة مع بعضها أثناء العواصف المغناطيسية

وتتبع مؤسسات وشركات الطاقة الكهربائية حاليا استراتيجية حماية لمواجهة التيارات التأثيرية الناتجة عن العواصف المغناطيسية تعتمد على تاريخ مستويات المجال المغناطيسى الأرضى فى الأماكن الخطرة خلال الدورة الشمسية، وعلى تحذير مناسب عن هجوم عاصفة متوقعة، وزمن عودة المجال المغناطيسى إلى حالته الطبيعية بعد العاصفة، ويعتمد تطور التنبؤ بوقوع العواصف أساسا على التوسع فى شبكات بيانات المجال المغناطيسى الآنية على المستوى العالمى، وكذلك على التحليل الدقيق للتسجيلات القديمة المحفوظة فى المراصد المغناطيسية.

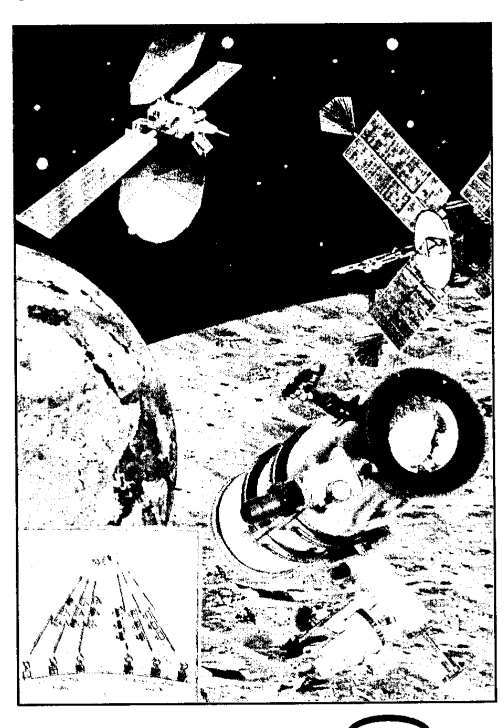
نظم الاتصالات:

ابتدأ إدراك المشاكل الكبرى التى تصيب نظم الاتصالات منذ العاصفة المغناطيسية الشديدة التى حدثت فى بداية سبتمبر عام ١٨٥٩، حيث انعدم التحكم فى الجهد التأثيرى الدخيل على خطوط التلغراف فى ذلك الوقت. وتعتمد نظم الاتصالات الحديثة على أقمار الاتصالات، ووصلات الموجات الراديوية، والكابلات الممتدة فى اليابسة وفى المحيطات، والخطوط التليفونية، واتصالات الموجات الصغرى، وكابلات الألياف الضوئية. وبالرغم من أن بعض هذه النظم لاتتأثر بالعواصف المغناطيسية، إلا أن الترابط العالمى بين بعض هذه النظم لتيسير الاتصالات بين الأقطار يمكن أن ينشأ عنه مشاكل فى كل مكان فى الشبكة.

وقد أسكتت العاصف الشديدة، حيث وصل المقياس k_p إلى الرقم ٩صفر، التى حدثت فى ٢٤ مارس ١٩٤٠ حوالى ٨٠٪ من جميع تليفونات المسافات الطويلة فى مينى أبوليس. كذلك ولدت العاصفة المغناطيسية الشديدة، حيث وصل المقياس k_p الرقم ٩ صفر، التى حدثت فى ١٠ فبراير عام ١٩٥٨ ، تيارا

تأثيريا قدره ٢ر٧ كيلو فولت تأثيرى فى الكابل البحرى الممتد من نيوفوندلاند إلى اسكوتلاند مما تسبب فى تقلب صوت الاتصال من صوت خشن عال إلى همسات. كذلك تسببت عاصفة ٤ أغسطس عام ١٩٧٢ فى كندا والسابق ذكرها فى تلف شبكة القوى الكهربية، وأوقفت الاتصالات بواسطة الكابل المدارى بين ولايات أمريكا.

كذلك تعانى إشارات الموجات الراديوية لأقمار الاتصالات فى خطوط العرض العالية (شكل٢٧-أ) من إنكسار وإستدارة مستوى تباين الإشارات لارتباطه بالتغير الشديد فى محتوى الالكترونات الكلى عبر خطوط البث. ويتسبب كل من طور الإشارات وسعة إشعاع



(شكل ٢٧-أ)
بعض أقمار الاتصالات فى خطوط العرض العالية

الموجـــات الراديوية أثناء العاصفة فى عرقلة الاتصالات عند ٩١٠ هيرتز وأيضا عند التردد العالى. ويتولد الإشعاع من التشتت الناتج عن عدم إنتظام التأين عند الارتفاعات التى تزيد عن ٢٠٠ كيلو متر أثناء العواصف المغناطيسية كنتيجة لإضطراب الأيونوسفير.

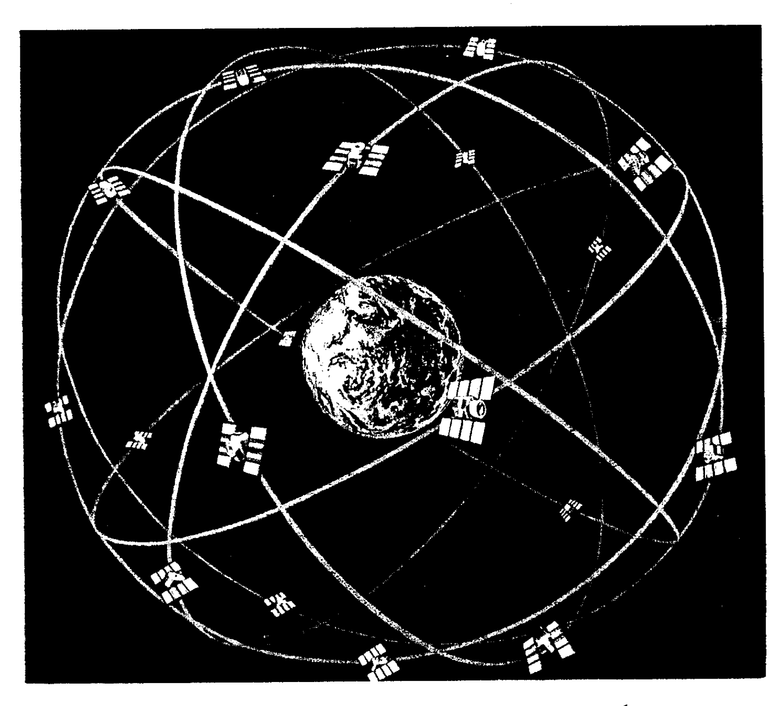
مما سبق نرى أن نماذج إستقبال إشارات الموجات الراديوية المعمول بها والتى تنعكس على طبقات الأيونوسفير لاتصلح أثناء العواصف المغناطيسية لاسيما عند مناطق القطبين والوهج القطبى لتعاظم التوصيلة الكهربية لطبقات الأيونوسفير أثناء هذه العواصف. كذلك تسبب العواصف المغناطيسية تغيير الأطوار فى تردد موجات النظم الملاحية الصغيرة جدا عند خطوط العرض المنخفضة، وكذلك خطوط الاتصالات عن طريق الموجات القصيرة، وأيضا تعديلا كبيرا فى تردد الموجات المستعملة.

وتوظف مقاييس إضطراب المجال المغناطيسى الأرضى فى تعديل النماذج الأيونوسفيرية العالمية للتنبؤ بظروف البث. ولكن يصعب أثناء العواصف التنبؤ بالطبقة F وقت اضطرابها وكذلك المحتوى الالكترونى الكلى باستخدام نماذج الأيونوسفير الحالية، ففى بعض الأحيان تعلو درجة التأين أثناء ساعات الصباح، ثم انخفاض شديد فى الساعات المتأخرة بعد الظهر.

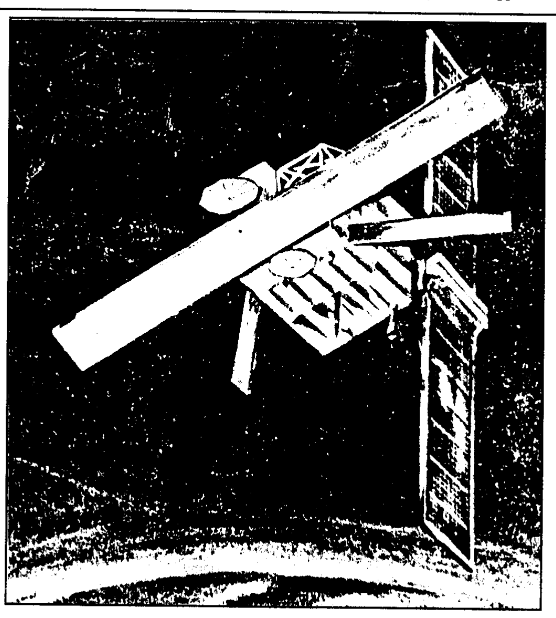
ولبعض المراسلين الإذاعيين المرونة فى اختيار الترددات الإذاعية، يتم اختيارها إعتمادا على قيم مقياس آخر لإضطراب المجال المغناطيسى الأرضى (A_p) الذى يتم حسابه من تسجيلات المغناطيسية الأرضية، وتنشره مراكز التنبؤ. وبالإضافة إلى المذيعين الحكوميين والصناعيين هناك أكثر من مليون هاو لصناعة أجهزة الراديو يستخدمون فى هذا الصدد التنبؤ الحالى والمستقبلى للمغناطيسية الأرضية.

النظام العالمى لتحديد المواقع GPS :

ابتدأ النظام العالمى لتحديد المواقع عام ١٩٩٠ ، وانتشر سريعا وأصبح الآن متاحا للاستخدام على المستوى العمومى . ويعتمد النظام على تعيين المهلة الزمنية لاستقبال إنعكاس إشارات موجات راديوية تبث بالقرب من ٥٧٥ر١×١٠^٣ و ٢٢٧ر١ × ١٠^٣ ميجا هيرتز من أربعة وعشرين قمرا صناعيا ، تدور فى ستة مدارات (تقريبا دائرية) منفصلة ذات ميل ٥٥ درجة وعلى ارتفاع حوالى ٢٠٢٠٠ كيلو متر (شكل ٢٧ - ب و٢٧- ج) ،



(شكل ٢٧- ب) كوكبة أقمار لتعيين المواقع نظم G.P.S



(شكل ٢٧ - ج) أول قمر تطلقه وكالة الفضاء الأوربية للإستشعار عن بعد

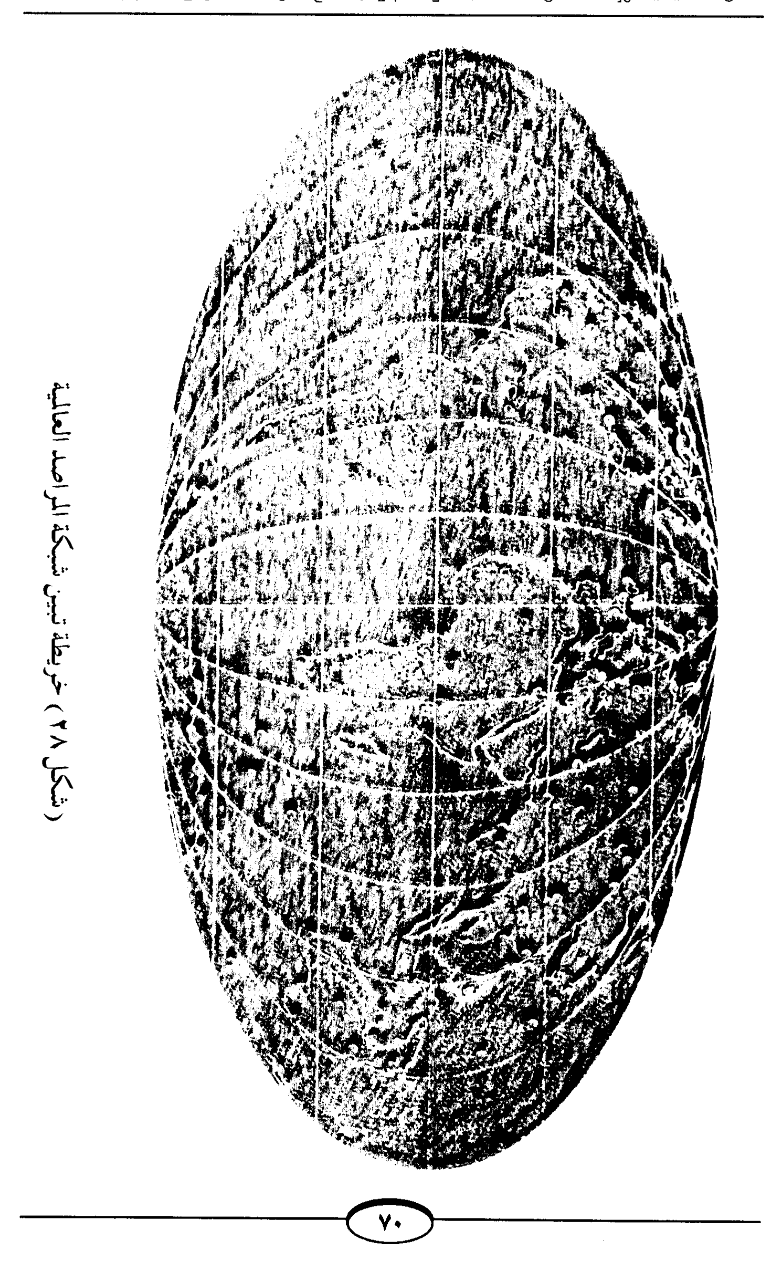
وبحيث يصل البث من أربعة أقمار على الأقل إلى أى نقطة بالقرب من سطح الأرض . والإشارات التى يتلقاها المستعمل معالجة أوتوماتيكيا لتحديد خطى الطول والعرض وكذلك ارتفاع نقطة الرصد عن سطح البحر . وبتشغيل ساعة القمر تقل دقة تحديد الموقع للمستعملين ماعدا المرخص لهم من مصلحة الدفاع الأمريكية التى أنشأت النظام وتقوم على صيانته . ولهؤلاء المشتركين يتوقع دقة الموقع المطلقة أن تكون فى حدود ثمانية أمتار، ودقة الموقع النسبى (بين موقعين) فى حدود ثلاثة أمتار . أما بالنسبة لبقية المستعملين (لاحصر لهم) أغلبهم ملاحى السفن والطائرات تكون الدقة ٥٠ متر للموقع المطلق، وخمسة أمتار بين موقعين . ويجرى العمل الآن لتطبيق النظام لمراقبة مواصلات الطيران التجارى .

يتولد شذوذ وعدم إنتظام مهلة البث الآتية من الأقمار كنتيجة للإضطرابات المحلية فى الأيونوسفير أثناء العواصف المغناطيسية. ويتناسب هذا الشذوذ تقريبا مع المحتوى الكلى لإلكترونات الأيونوسفير عبر مسار البث، كما يتناسب عكسيا مع مربع تردد حامل الإشارة. وبالرغم أن استعمال التردد المزدوج فى الاتصالات تقلل كثيرا من حساسية النظام العالمى لتحديد المواقع بالنسبة لتغير كثافة الإلكترونات، إلا أن إدراك تحديد الموقع يكون فقط بين موقعين متقاربين جداً. ويؤدى شذوذ مهلات البث أثناء العواصف المغناطيسية إلى أخطاء فى تحديد المواقع قد تصل إلى عشرات عديدة من الأمتار.

وتقوم مراكز التحذير بإعلان إشعارات عن العواصف المغناطيسية مستخدمة فى ذلك البيانات الآنية المغناطيسية من المراصد المغناطيسية . وتحذر المشتركين من استعمال الأجهزة فى الفترات الزمنية التى تكون القراءات أثناءها غير حقيقية. كما يستخدم واضعوا نظم طبقات الأيونوسفير مقاييس النشاط المغناطيسى فى التنبؤ باستجابة التغيرات الأيونوسفيرية فى حساب مهلات البث. وقد يحدث فقدان كامل لإشارات النظام أثناء اضطراب طبقة الأيونوسفير F.

شكل وسرعة سريان السائل عند سطح القلب الخارجى:

تعتبر المراصد المغناطيسية (شكل ٢٨) هى الأساس فى قياس التغير الحقبى حيث أنه عدد ضئيل من النانوتسلا(وحدة قياس المغناطيسية الأرضية) . وتقدر قيمته فى كل مرصد من حساب فروق المتوسطات السنوية لكل عنصر . وترجع أهمية المراصد فى تعيين التغير



(شكل ٢٨) خريطة تبين شبكة المراصد العالمية

الحقبى لقدرتها على توفير قيم المجال المغناطيسى الأرضى للسنوات المتعاقبة فى مكان ثابت. وجدير بالذكر أن التغير فى قيم المجال المغناطيسى إذا تغير موقع الأرصاد عشرات قليلة من الأمتار يفوق قيمة التغير الحقبى فى سنة.

ويمكننا أن نتفهم التغير الحقبى على الأقل وصفيا فى ضوء أفكار توليد المجال الأساسى فى القلب السائل، حيث يعمل الدينامو بسبب قدرته على استخراج الطاقة من حركات السائل. وحيث أن السائل المعدنى موصل جيد للكهرباء فإنه يسحب خطوط القوى المغناطيسية فى تحركه، وهذا يسبب فى أن تتحرك خطوط المجال الموجودة خارج القلب، مغيرة قيمة المجال المغناطيسى المقاسة عند نقطة على سطح الأرض مما ينتج عنه التغير الحقبى.

وعلى العكس فإنه بقياس المجال الأساسى وتغيره الحقبى عند سطح الأرض فإننا نستطيع إستنتاج شكل وسرعة سريان السائل عند سطح القلب. وليس هناك حلا وحيدا، ولكن بوضع بعض الإفتراضات يمكننا أن نقترب من الحل الصحيح، على سبيل المثال فرض أن السريان ثابت. وتعتبر دراسة تحركات السائل فى القلب إحدى المجالات التى تجرى فيها الدراسات حديثا. وتعتبر بيانات المراصد الدقيقة لازمة فى تطور النظرية. ومن نتائج الدراسات على التحركات فى القلب أن سرعة السائل حوالى ١٠ كم / سنة.

تحديد نصف قطر القلب:

ذكرنا سابقا أن سائل القلب موصل كهربى، وعليه فإنه سيميل لسحب خطوط القوى المغناطيسية معه أثناء تحركه. وإذا كان التوصيل الكهربى عال لدرجة أن نعتبر السائل - على مدى فترة زمنية لعدة سنوات قليلة - موصل كامل، حينئذ لاتستطيع خطوط المجال أن تتحرك بالنسبة للسائل، وهذا هو مفهوم الفيض المتجمد، أى أن خطوط المجال التى تمر خلال عنصر محدد من

القلب ترتبط وتحمل بهذا العنصر. ومن ثم فإن الفيض الكلى (ف) خلال سطح القلب تكون (ف = ج. ∆س) حيث «ج» هى المجال المغناطيسى و «س» تمثل سطح القلب وهو مقدار ثابت، وطبعاً ليس هذا هو الحال للأسطح الكروية الأخرى البعيدة عن سطح القلب كسطح الأرض مثلاً.

من الخصائص الهامة للنماذج الرياضية التوافقية للمجال المغناطيسى الأرضى أنه يمكن بواسطتها الحشو فى النموذج الأصلى إلى أعلى وإلى أسفل، أى إعطاء صورة للمجال أعلى أو أسفل مستوى القياس. وبهذه الخاصية يمكننا تقدير قيمة المجال المغناطيسى عند سطح القلب. باستخدام نماذج رياضية لسنين متعددة وحساب قيمة «ف» على مسافات مختلفة من مركز الكرة الأرضية، فإنه يمكن الحصول على نصف القطر التى تثبت عنده قيمة «ف» هذه، وقد تم ذلك ووجد أن عمق الحد الفاصل بين القلب والمعطف المستنتجة بهذه الوسيلة تنطبق مع القياسات السيسمولوجية، وعليه فإن نصف قطر القلب يمكن قياسه من قراءات المجال المغناطيسى عند سطح الأرض. وهذه دراسة علمية هامة ومميزة.

التوصيلية الكهربية للمعطف:

يوضح (شكل ٢٩) التغير الحقبى فى زاوية الإنحراف بمرصد أسكدلامير بالمملكة المتحدة. ويلاحظ تغير مفاجىء فى ميل المنحنى حوالى سنة ١٩٧٠م وأطلق عليه «جيرك». ويعتقد أن هذه الظاهرة إحدى ظواهر مجال القلب. ومن المدهش أن يلاحظ هذا التغير الحاد عند سطح الأرض. كان يعتقد سابقا أن الطبقة السفلى من المعطف تتميز بقوة توصيل كهربائية مميزة وعليه كان من المعتقد أن التغيرات السريعة فى المجال المغناطيسى عند سطح القلب تنعم عندما تصل إلى سطح الأرض. وعليه فقد أصبح من التفسيرات الممكنة (للجرك) - من الاستنتاجات المغناطيسية - أن قوة التوصيل للمعطف أقل مما كان يعتقد.

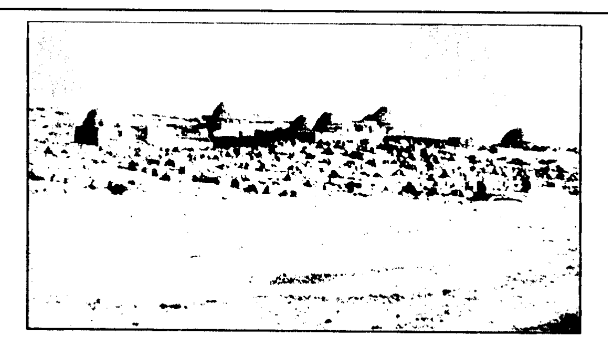
ولهذا توجد عواقب هامة للقوى الكهرومغناطيسية الرابطة للقلب والمعطف والتى تؤثر على طول اليوم.



(شكل ٢٩) (جيرك ١٩٧٠) مبينا عن معدل التغير السنوى فى مرصد اسكديلاير البريطانى

الخرائط المغناطيسية والعيارية:

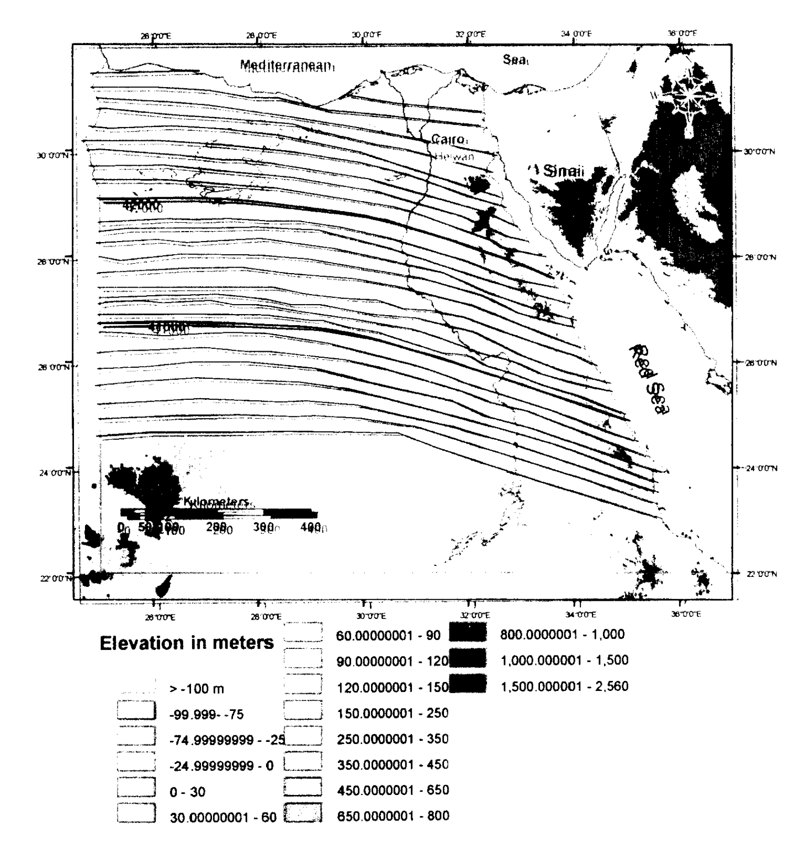
نستقى معلوماتنا عن المجال المغناطيسى الأرضى مباشرة من قياس عناصر المغناطيسية الأرضية فى الأماكن المختلفة (شكل ٣٠) ، ثم توقع قيم كل عنصر على خريطة مساحية وتوصل خطوط بين القيم المتساوية لهذا العنصر وعليه فإننا نحصل على ستة خرائط للعناصر المختلفة بالإضافة إلى خريطة الشدة الكلية للمجال المغناطيسى الأرضى. وحيث أن شدة وإتجاه المجال المغناطيسى الأرضى يعتريها تغيراً من سنة إلى أخرى، فلابد من أن تجهز هذه الخرائط لحقب محددة. وقد أتفق أن تجهز خرائط تساوى الإنحراف كل خمس سنوات لحقب تبدأ بصفر أو بالرقم ٥ فى حين أن تجهز بقية الخرائط كل عشر سنوات.







(شكل ٣٠) بعض أماكن محطات أرصاد مغناطيسية حقلية محددة المعالم والمواقع بدقة عالية لتكرار أخذ الأرصاد بها كل خمس سنوات لحساب التغير السنوى فى المغناطيسية الأرضية فى مصر .



(شكل ٣١) الخريطة العيارية للقوة المغناطيسية الكلية للحقبة ١٩٨٠
مرسومة على خريطة طوبوغرافية لمصر

ويتـم إدخال قيـم الأرصـاد الحقلية فى معادلات رياضية تتوقف على خطوط الطول والعرض لإستنتاج قيم المغناطيسية الأرضية ومركباتها كما لو كانت نتيجة للتيارات المتولدة فى باطن الأرض بغض النظر عن أى مؤثرات خارجية - ثم تستنتج معادلات جديدة ونماذج رياضية تعطى قيمة المجال المعيارى ومن هذه المعادلات يتم رسم خرائط جديدة تسمى فى هذه الحالة الخرائط العيارية .

وتنشر الدول خرائط عيارية خاصة بها محليا (شكل٣١) . وتجمع هذه الخرائط بالإضافة إلى البيانات الكثيفة والدقيقة التى يمكن الحصول عليها من الأقمار الصناعية فى المراكز الدولية للبيانات المغناطيسية وتنشر الأن خرائط عيارية للعالم . ويبين شكل (٣٢-أ) إحدى هذه الخرائط العيارية لزاوية الإنحراف والتى تستخدم للأغراض الملاحية .

نتيجة للتغير الحقبى فإن الخرائط المغناطيسية مثل تلك التى فى الشكل (٣٢-أ) تصبح مستهلكة بعد إصدارها وتقل قيمتها مع مرور الزمن . وللتغلب على هذه المشكلة فإن التغير الحقبى الذى يحسب فى المراصد الثابتة وكذلك فى بعض المناطق التى تعاد فيها الأرصاد يحلل بنفس طريقة المجال الأساسى باستخدام التحليل التوافقى للحصول على نموذج رياضى للتغير الحقبى . ويبين شكل (٣٢-ب) الخريطة المصاحبة للخريطة فى شكل (٣٢-أ) موضحا عليها معدل تغير زاوية الإنحراف خلال الفترة من ١٩٩٠ إلى ١٩٩٥ ومنه يمكن تقدير قيمة زاوية الإنحراف فى أى وقت خلال هذه الفترة . ونظرا لتغير معدل التغير الحقبى من سنة إلى أخرى لذلك تعاد الحسابات لإصدار الخرائط الخاصة به أيضا كل خمس سنوات .

المرجع الرياضى العالمى للمجال المغناطيسى الأرضى:

للحصول على نموذج رياضى عالمى وخرائط عالمية للمغناطيسية الأرضية يجرى تحليل رياضى توافقى وضعه جاوس سنة ١٩٣٩م ويبين وقتها أن المجال المغناطيسى الأرضى المقاس على سطح الأرض ينبع من باطنها. ويوضح شكل (٣٢) أحد هذه الخرائط لزاوية الإنحراف لسنة ١٩٩٥م. وللحصول على هذه الخرائط يتم تحليل القياسات على المستوى العالمى فى نقاط قد يصل عددها إلى آلاف عديدة، ثم تستنتج معادلات جديدة و نماذج رياضية تستخدم لإيجاد القيم فيها بين النقاط التى تم القياس فيها، ثم توصل خطوط تساوى الشدة، ويتم ذلك الآن باستخدام الحاسبات الآلية. وفى النهاية نحصل على قيمة المجال العيارى فى أى نقطة على سطح الأرض إذا علم خطوط الطول والعرض والزمن عند هذه النقطة.

استخدام النماذج المغناطيسية فى الحفر الموجه:

كتطبيق حديث يرجع فيه إلى قيم المغناطيسية الأرضية هو عملية الحفر الموجه فى استخراج البترول (شكل٣٣) وهو أسلوب يستخدم للحفر الموجه فى عدد من آبار البترول فى نطاق كيلو مترات قليلة. أن تكنولوجيا الحفر الموجه قد تقدمت كثيرا ولكن نجاح العملية يعتمد على التوجيه المستمر لتوجية بريمة الحفر، ويستخدم المجال المغناطيسى الأرضى للحصول على هذه المعلومات حيث يسجل قراءات جهاز مغناطيسى موضوع فى قطاع غير مغناطيسى للبريمة أثناء الحفر مما يساعد على تتبع المسار بناءا على أن يكون المجال المغناطيسى فى موقع الحفر معلوما بدقة عالية. يتم حساب قيمة المجال من نموذج رياضى ويصحح دائما للتغير اليومى، والنشاط المغناطيسى باستخدام بيانات مرصد مغناطيسى محلى.

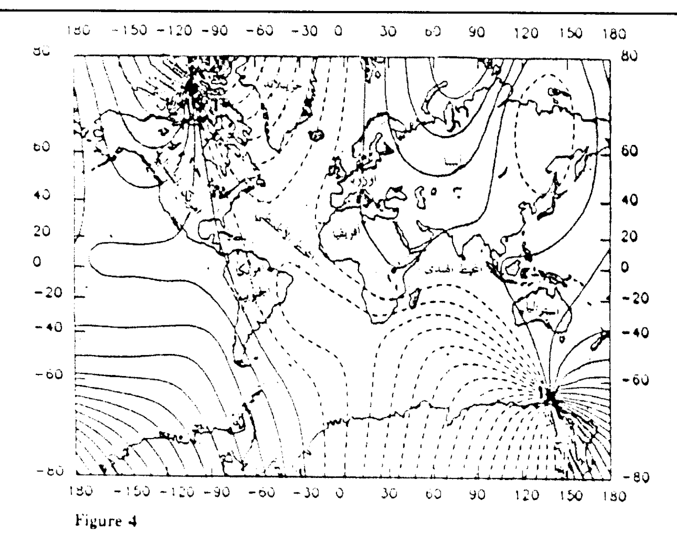


Figure 4

(شكل٣٢-أ) الخريطة العيارية لزاوية الإنحراف للعالم للحقبة ١٩٩٥

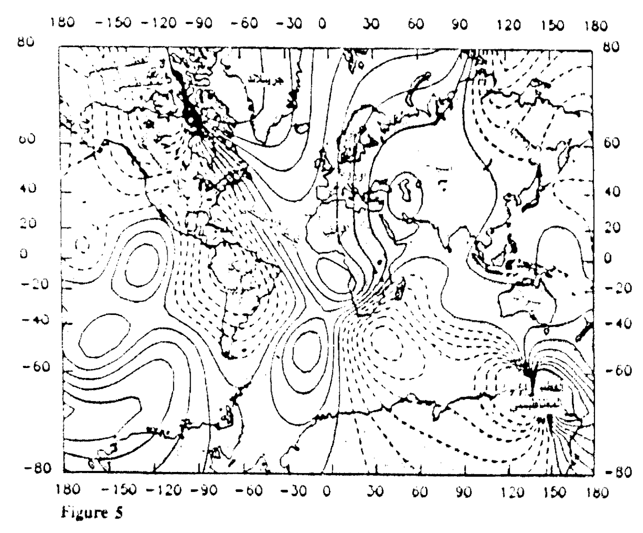
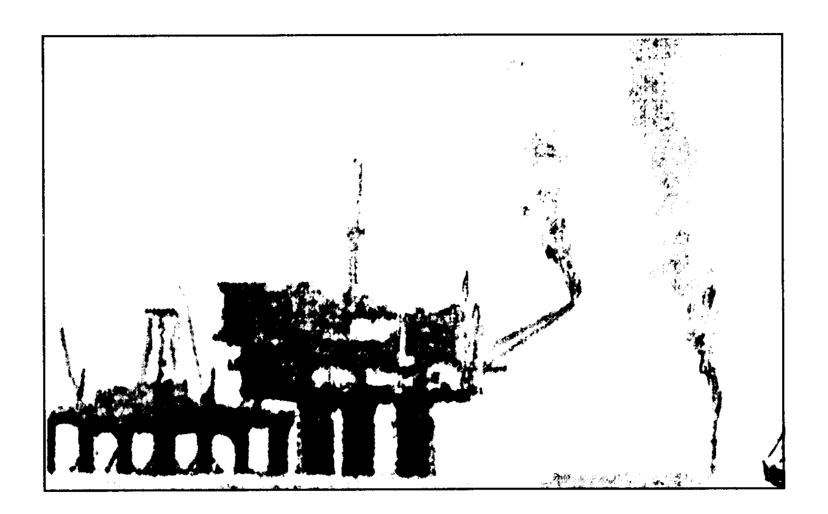


Figure 5

(شكل٣٢-ب) خريطة التغير الحقبى الملازمة للخريطة شكل (٣٢-أ)



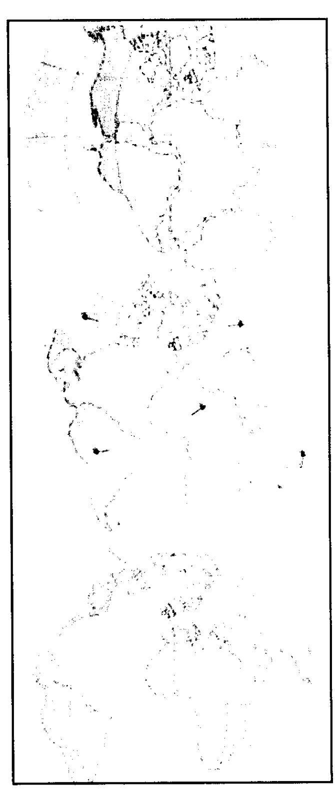
(شكل ٣٣) استخدام النماذج المغناطيسية فى الحفر الموجه لاستخراج البترول

المغناطيسية الأرضية والنظرية التكتونية :

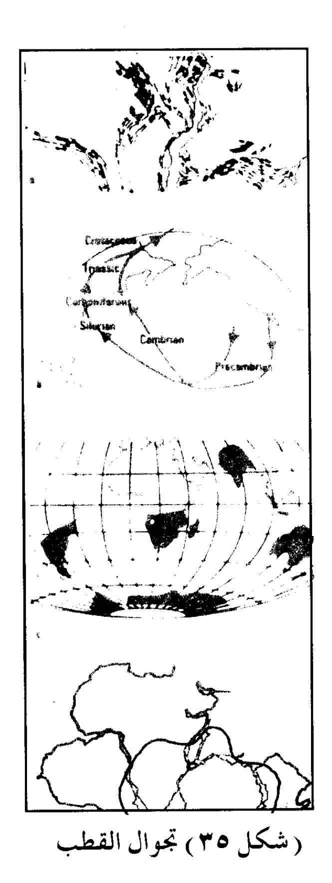
عندما تترسب الصخور الرسوبية تميل جزيئاتها المشتملة على معادن مغناطيسية إلى أن تستقر بحيث يتخذ محورها المغناطيسى إتجاه المجال المغناطيسى الأرضى. أيضا عندما تكون الصخور نارية فإن المعادن المغناطيسية تصبح ممغنطة فى إتجاه المجال المغناطيسى الأرضى -المحيط بها- أثناء برودتها تحت درجات كورى الخاصة بها. وفى كلتا الحالتين فإن دراسة الصخور تزودنا بتسجيل مستمر للمجال المغناطيسى وقت أن تم الترسيب أو التبريد على إمتداد العصور الجيولوجية. وهذا هو أساس المغناطيسية الأرضية القديمة، حيث أن

المغناطيسية المسجلة فى الصخور تستخدم لإستنتاج المجال المغناطيسى الأرضى فى الماضى السحيق. وكما ذكرنا سابقا فإننا قد تعرفنا على إنعكاس المجال المغناطيسى من دراسات المغناطيسية الأرضية القديمة. كذلك وبفضل دراسة المغناطيسية المحفوظة فى الصخور أصبح لدينا دليلا قويا على إنجراف القارات من بعضها البعض (شكل ٣٤) وكذلك تطور نظرية تكتونية الصفائح على النحو التالى:

* أن شكل المجال المغناطيسى الأرضى عند سطح الأرض مشابه للمجال حول قضيب مغناطيسى ذو قطبين، وهذا المغناطيس الوهمى موضوع تقريبا عند مركز الأرض بحيث يميل على محور الدوران الحالى بحوالى ١١ درجة فقط. وبفرض أن المجال المغناطيسى الأرضى كان دائما مشابها للمجال الحالى بقطبيه، وأن محور المغناطيس وقتها ينطبق أيضا مع محور دوران الأرض تقريبا، أصبح من الممكن استنتاج وضع الأقطاب المغناطيسية فى الماضى من تحديد اتجاه مغنطة عينات صخرية فى الأماكن المختلفة . وعندما ترسم أوضاع الأقطاب المغناطيسية الأرضية فى الماضى لعينات صخور إقليم معين يتضح أن مواقع هذه الأقطاب تختلف بالنسبة للزمن وهذا مايسمى بتجوال القطب المغناطيسى الأرضى، والاستنتاج إذا كانت الإفتراضات صحيحة أن الإقليم قد تحرك بالنسبة للأقطاب خلال الفترات التى تكونت فيها الصخور. وعندما يرسم التجوال القطبى للقارات المختلفة (شكل٣٥) فإن جراتهم لاتتطابق مع بعضها البعض ولكن يمكننا أن نصل إلى تطابق أفضل لهذه الجرات إذا افترضنا أن القارات قد تحركت بالنسبة لبعضها البعض، وهذا ما أدى إلى الاعتقاد بإنجراف القارات.

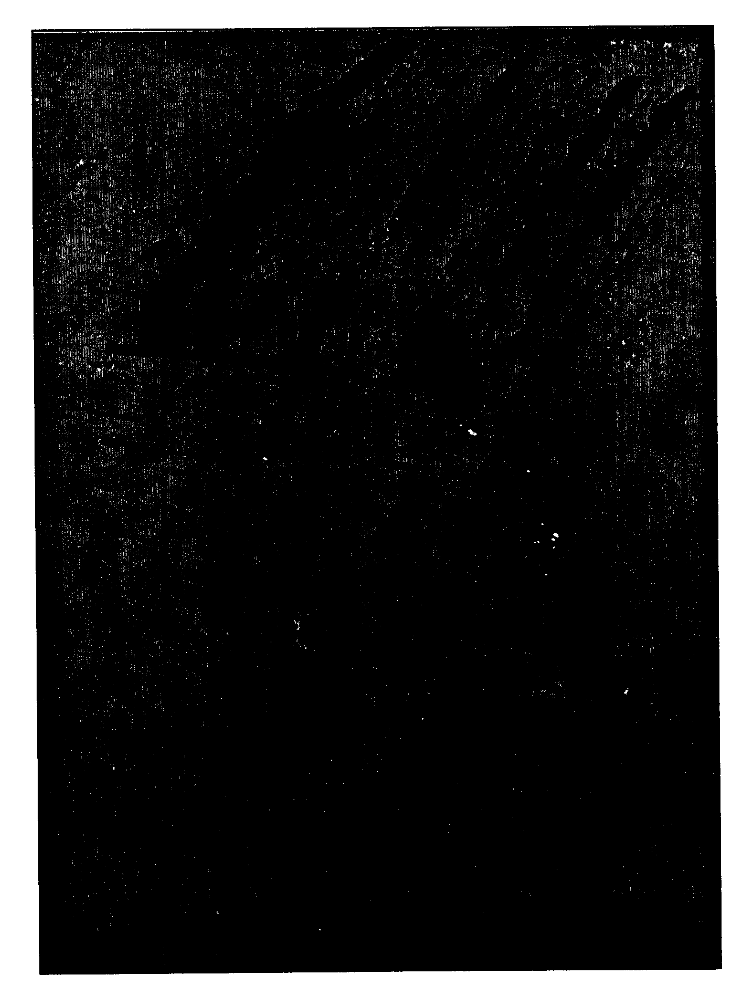


(شكل ٣٤) إنجراف القارات



(شكل ٣٥) تجوال القطب

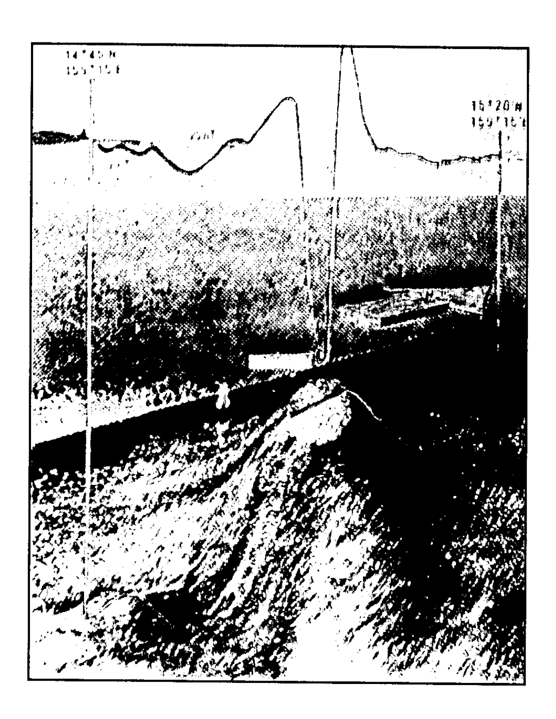
* أيضا كشفت المساحات المغناطيسية فى المحيطات - بواسطة مغناطومترات مسحوبة وراء مراكب خاصة - نماذج لأشرطة مغناطيسية أن حالة المجال المغناطيسى لهذه الأشرطة متماثل حول أخاديد المحيطات كما هو الحال حول أخدود وسط الأطلنطى كتسجيل لمتتابعات متعاكسة للمجال المغناطيسى الأرضى. ويمكن تفسير هذه الهياكل بإفتراض إضافة قشرة محيطية جديدة بواسطة البراكين عند الأخاديد، تزيح القشرة على جانبى الأخدود إلى الجانبين مسببة إنتشار أرضية المحيط بعيدة عن الأخدود بمعدل سنتيمترات قليلة لكل سنة (شكل٣٦). وتسجل هذه القشرة الجديدة على الجانبين كشريط تسجيل للمجال المغناطيسى الأرضى. لقد أدى اكتشاف ظاهرة إنتشار أرضية المحيط أثناء برودتها المجال المغناطيسى السائد فى ذلك الزمن، وتصبح صخور أرضية المحيط شريط تسجيل للمجال المغناطيسى الأرضى. لقد أدى إكتشاف ظاهرة إنتشار أرضية المحيط إلى تطور نظرية تكتونية الصفائح التى تفترض أن الطبقات الخارجية للأرض تنقسم إلى صفائح تتحرك بالنسبة لبعضها البعض. وتصادم الصفائح يؤدى إلى خلق سلسلة الجبال وحدوث البراكين وتوليد الزلازل.



(شكل ٣٦)
نموذج الإنعكاس المغناطيسى حول أخدود ريكيجينس جنوب إيسلاند

المغناطيسية الأرضية والتأويل الجيولوجى :

لقد ثبت أن مجال القشرة الأرضية المغناطيسى لامثيل له فى الكشف عن أرضية المحيطات والجبال البحرية المغمورة تحت المياه (شكل ٣٧) . يرجع الفضل للقياسات المغناطيسية فى شرح تطور الأرض الجيولوجى ، ولها أيضا تطبيقا ذات أهميـة اقتصادية



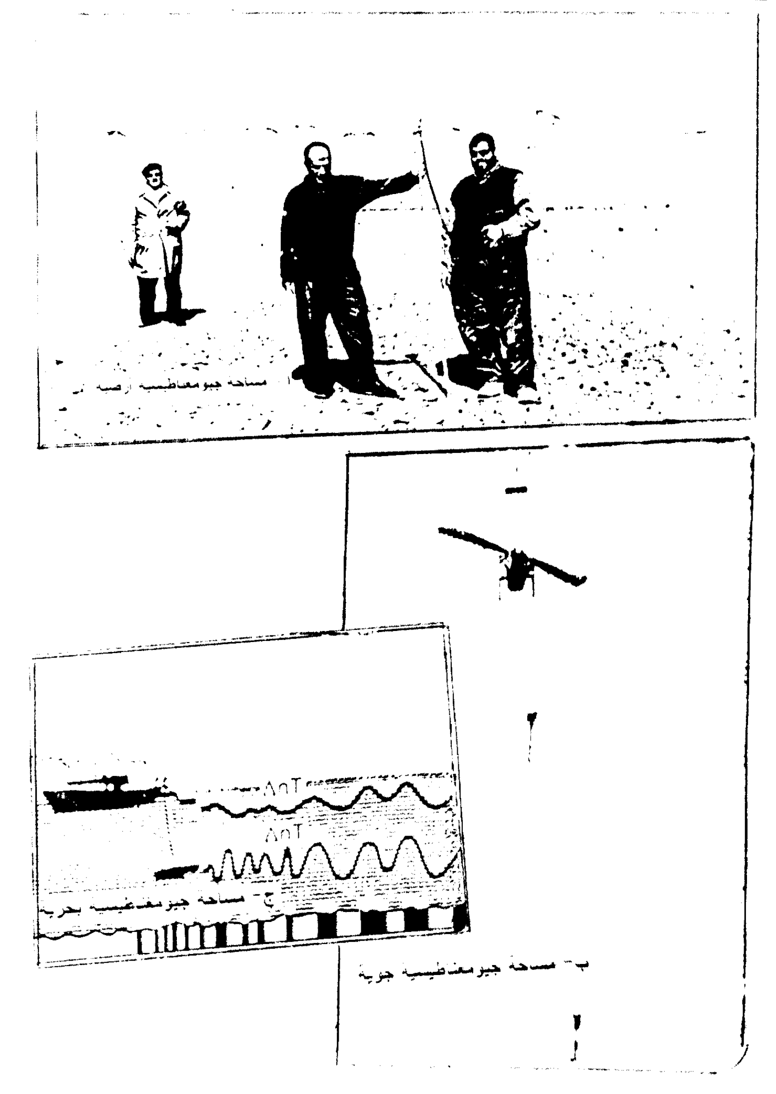
(شكل٣٧) الكشف عن الجبال البحرية واستخدام تقنية المساحة المغناطيسية الجوية

كبرى فى الاستكشاف الجيوفيزيقى عن البترول والمعادن وحيث تستخدم الطرق الكهربية والسيسمية (الزلزالية) والجاذبية لتحديد التراكيب التحت سطحية (شكل ٣٨)

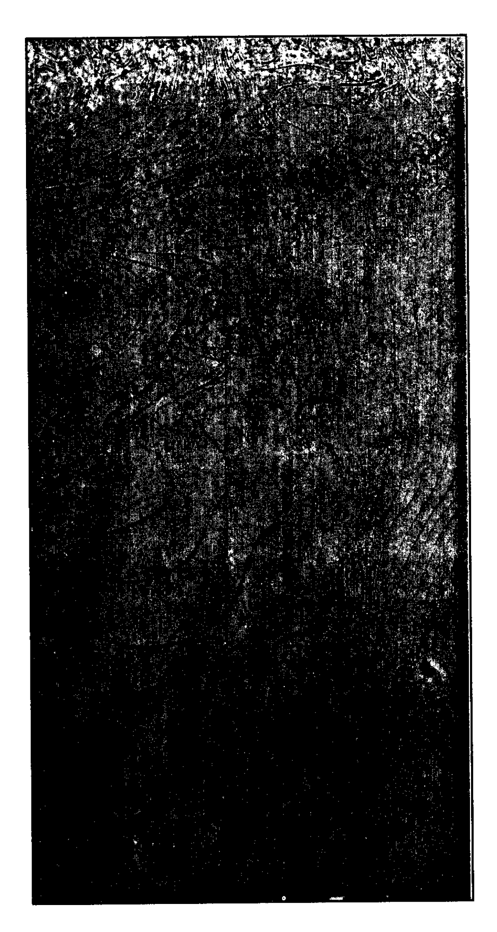


(شكل ٣٨) قطاع مثالى للقشرة الأرضية مبينا كيفية تجمعات الخامات المعدنية والبترول والغاز والتراكيب الجيولوجية التى تضمها .

فى الاستكشاف الجيوفيزيقى تتسم المساحات المغناطيسية عادة بقياس المجال المغناطيسى الأرضى بواسطة الطائرات أو المراكب حيث تجر وراءها مغناطومتر بروتونى أو قياسات أرضية (شكل ٣٩ أ و ب و ج) . وكل رصده يطرح منها قيمة المجال الكلى محسوبا من نموذج رياضى للمجال المغناطيسى الأرضى الأساسى، ويصحح للتغير اليومى وأية اضطرابات أخرى ، وبذلك يتم عزل مجال القشرة الشاذ . وينسب نموذج المجال الشاذ إلى نوعية الصخر والتراكيب الجيولوجية لتقدير احتمال وجود المعادن المترسبة أو خزانات البترول فى منطقة الدراسة، حيث يتمكن الباحث أن يحدد عمق صخور القاع مما يساعده على تحديد إمتداد الأحواض الرسوبية (شكل ٤٠) . وتجدر الإشارة بأنه لايوجد تأويل وحيد لنموذج المجال الشاذ عن نوعية الصخر أو التراكيب التحت سطحية، وهذا يلزم إجراء تحاليل وقياسات جيوفيزيقية أخرى مثل التثاقلية والكهربية الأرضية مما يساعد على تقبل تأويل ما أو رفض تأويل آخر .



(شكل ٣٩) المسوحات الجيومغناطيسية



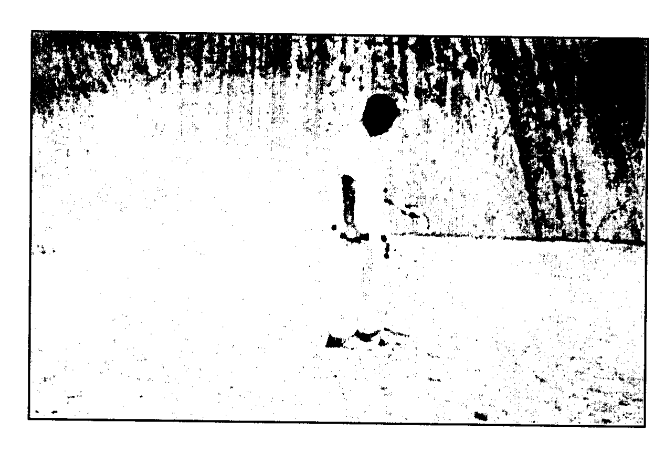
(شكل ٤٠)

خريطة مغناطيسية جوية توضح شاذا خطيا من المحتمل أن تكون بسبب بازلت ترياسى وسط صخور ضعيفة المغنطة.

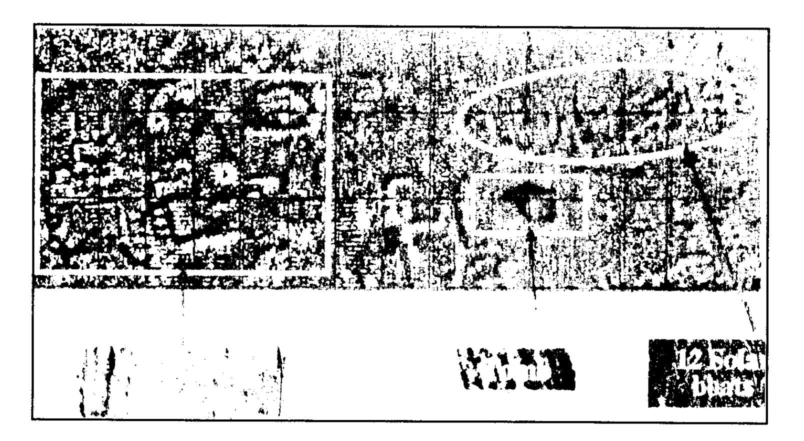
ويساعد الكشف عن التراكيب الجيولوجية تحت السطحية إلى اختيار أنسب المواقع لإقامة الإنشاءات الصناعية والعمرانية، حيث يقوم المهندسون باستخدام بيانات القياسات الجيوفيزيقية بوضع التصميمات الملائمة لحالة الموقع للحفاظ على سلامة المنشآت وإطالة أعمارها.

الكشف عن الآثار بالطرق المغناطيسية:

وفى مجال الكشف عن الآثار تجرى مسوحات مغناطيسية تفصيلية دقيقة فى المواقع المختلفة (شكل ٤١-أ) مما يؤدى إلى الكشف عن مواقع الآثار المدفونة تحت السطح، كما تحدد بدقة إمتداد هذه الآثار (شكل ٤١-ب) مما يوفر كثيرا من تكاليف الحفر، بالإضافة إلى تحديد أماكن الحفر بما يساعد على سلامة الثروات الأثرية القومية.



(شكل ٤١-أ) مساحة مغناطيسية باستخدام جراديومتر فى منطقة أثرية



(شكل ٤١-ب)

صورة مستنتجة من القياسات المغناطيسية تظهر التراكيب الأثرية المكونة من الطوب اللبن ومراكب شمسية ومقابر وبقايا مدينة من العصور القديمة .

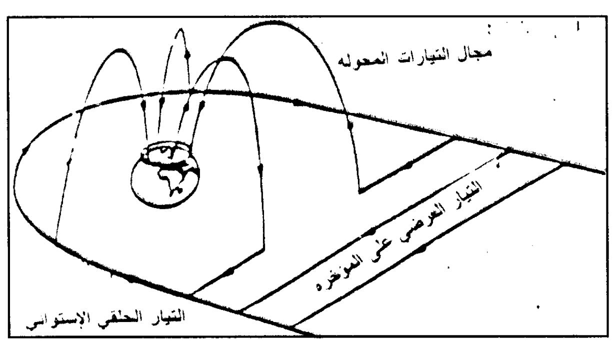
الوهج القطبى:

وهو إضاءة فى الجو تشابه التفريغ الكهربائى فى الغازات المخلخلة ويحدث أثناء العواصف المغناطيسية (شكل ٤٢) إذ تنفذ إلكترونات الماجنيتوسفير إلى الطبقات العليا فى مناطق الوهج القطبى ترسب طاقة أثناء التصادم مع الذرات والجزئيات المتعادلة مسببة إثارة وتأين ، وتطلق الذرات والجزئيات المثارة بالتبعية إشعاع كهرومغناطيسى فى الطول الموجى المرئى مولدا الوهج القطبى . ومعظم الألوان التى نشاهدها فى الوهج القطبى هى الخضراء والحمراء من إنتقال الطاقة فى أوكسجين ونيتروجين الغلاف الجوى ، والعملية مشابهة لما يحدث فى الضوء الفلورسنتى .



(شكل٤٢) أقواس وهج قطبى ذات تركيب ستائرى

ويتصل كهربيا كلا من الأيونوسفير والماجنيتوسفير عبر مناطق الوهج القطبى كما هو موضح فى (شكل ٤٣)



(شكل ٤٣) اتصال الأيونوسفير والماجنيتوسفير عبر مناطق الوهج القطبى

المجالات المنتجة بالتأثير:

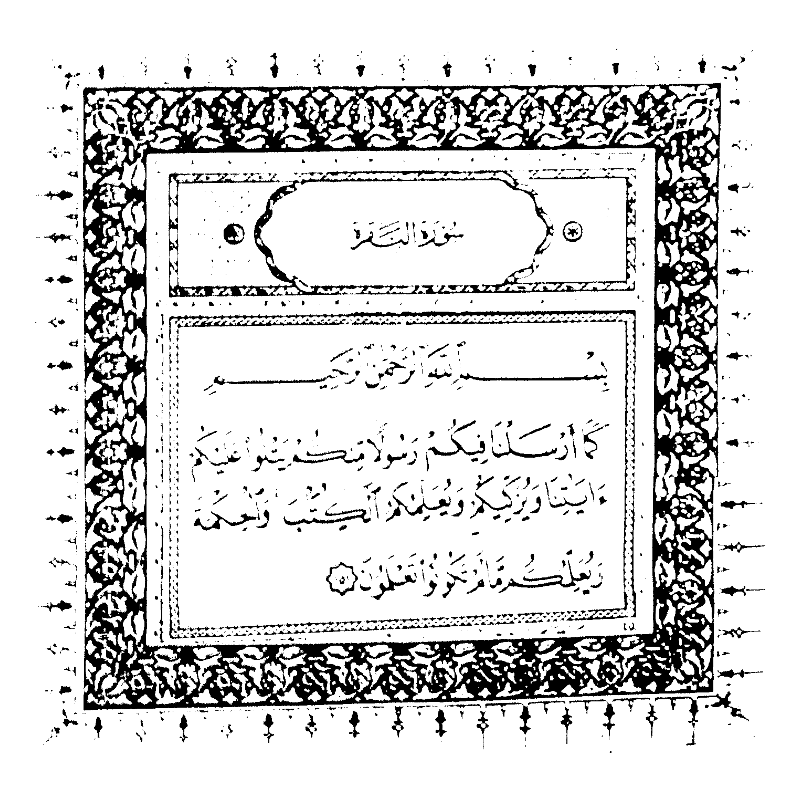
تولد التغيرات المغناطيسية ابتداءاً من التغير اليومى إلى التغيرات على مستوى الدقائق أثناء الاضطرابات، تيارات كهربية فى القشرة والمعطف. ويمكن أن نعتقد أن هذه التغيرات كما لوكانت لموجات مغناطيسية عند سطح الأرض، ويتوقف عمق اختراق الموجات إلى الأرض على قوة توصيل القشرة والمعطف حيث تضمحل التغيرات ذات التردد العالى بسرعة مع العمق، بينما تتخلل التغيرات ذات التردد المنخفض حتى المعطف، وبتحليل إستجابة الأرض للمجالات المنتحية بالتأثير لمختلف الترددات يمكن تقدير التغير فى قوة التوصيل الكهربى مع العمق.

وقد تطورت تقنية الكهرومغناطيسية الأرضية لدراسة تغير قوة التوصيل الكهربى للقشرة مع العمق، وتجرى قياسات تغير المجال المغناطيسى الأرضى والمجال الكهربى عند سطح الأرض (شكل ٤٤). والعلاقة بين المجالات الكهربية والمغناطيسية تحكم بقوة توصيل كهربى مختلفة فإن تقنية الكهرومغناطيسية الأرضية تستخدم فى الكشف عن المعادن فى باطن الأرض. كما أن قوة التوصيل تتأثر بالتفليق والتشققات وبمحتوى الماء فى الصخر، ولذلك فإن اكتشاف شاذة فى قوة التوصيل تساعد فى تحديد التراكيب الجيولوجية ومنابع المياه.





(شكل ٤٤) قياسات باستخدام
تقنية الكهرومغناطيسية


سورة البقرة
بسم الله الرحمن الرحيم
كما أرسلنا فيكم رسولا منكم يتلوا عليكم
ءايتنا ويزكيكم ويعلمكم الكتب والحكمة
ويعلمكم ما لم تكونوا تعلمون

الاهتمامـات المستقبلـة
للتطبيقـات المغناطيسيـة

المغناطيسية الأرضية وبعض الظواهر البيولوجية:

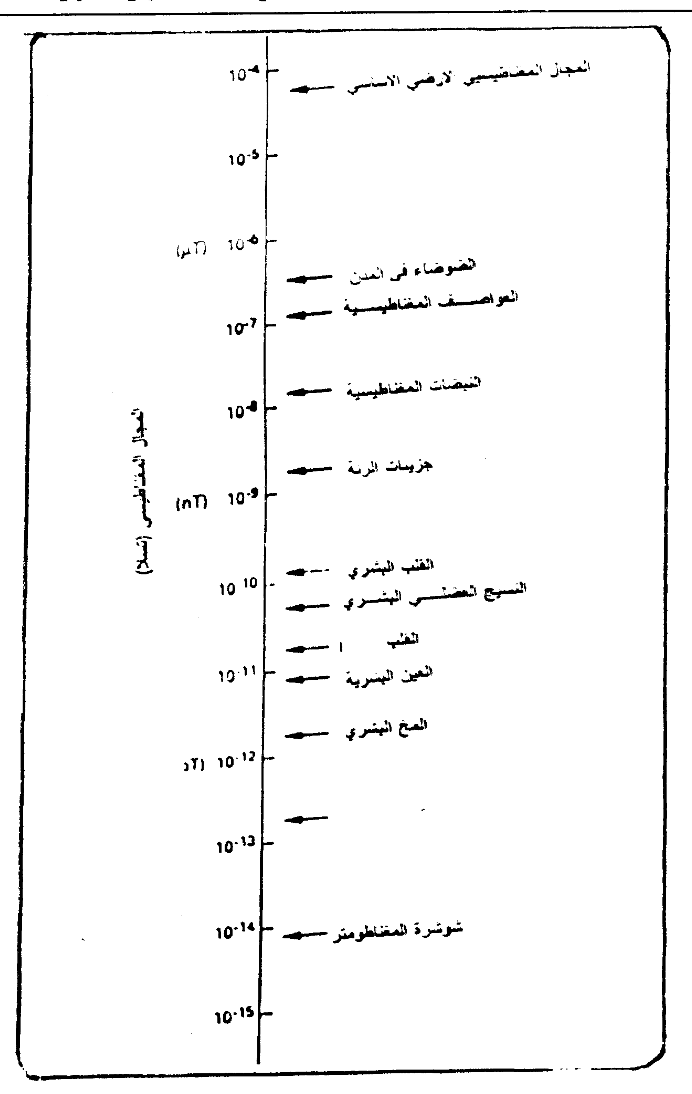
أكتشف بلاكمور بجامعة هامبشير عام ١٩٧٤ بكتيريا ذات حس مغناطيسى (ماجنيتوتاكتيك) تتحرك بإستشعارها فى إتجاه المجال المغناطيسى الأرضى. وتتركب هذه البكتريا خلال نموها إحيائيا (بيولوجيا) كما لو كانت من عشرين بلورة تكعيبية نقية ممغنطة حجم كل منها حوالى ٥٠ نانومتر، ومنتظمة فى مصفوفات مزدوجة الأقطاب ممتدة عبر المحور الطويل لأجسادها. ثم توالى بعد ذلك اكتشاف بكتريا أخرى لها نفس الحس مثل الطحالب الخضراء (ماجنيتوتاكتيك)، وترجع أهميتها إلى وجود خلايا ذات أنوية بالإضافة إلى الصفات الأخرى للخلايا، على خلاف البكتريا العادية.

وقد قاد البحث والتنقيب عن أمثلة بيولوجية مشابهة ذات ماجنيتيت (مجموعة من أكاسيد الحديد المغنطة $Fe_3 O_4$) بلورى إلى إكتشافها فى جوف نحل العسل، وفى مخ الحمام الزاجل، والتونة، والسلاحف الخضراء، والدولفين، والحيتان، وخلافه. فالنحل يأتى بحركات راقصة لوصف الأماكن التى يوجد فيها الغذاء، وتتواءم هذه الرقصات مع إتجاه المجال المغناطيسى المحلى وإتجاه الشمس. كذلك هناك

دلالات على أن إتجاه طيران الطيور يتوقف على استشعارها إتجاه المجال المغناطيسى الأرضى، ولذلك يتحوط مستخدمو الحمام الزاجل من المجالات المغناطيسية المضطربة، التى يتعرفون عليها من برامج التنبؤ بالمجال المغناطيسى الأرضى، لجدولة إطلاق الحمام. كذلك أكتشف أن إنحراف المركبة الأفقية للمجال المغناطيسى الأرضى بمقدار ٩٠ درجة يؤدى بصغار السلامون المهاجر أن يغير إتجاه حركته بتسعين درجة.

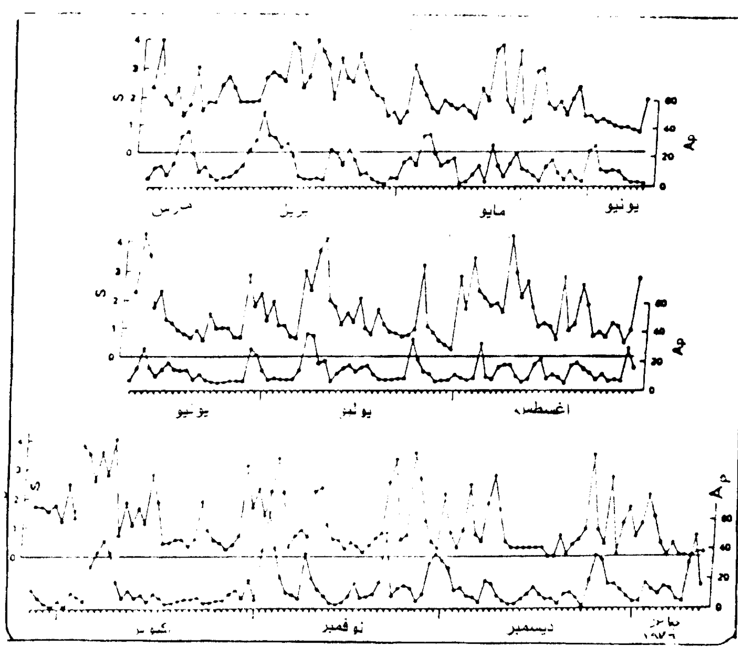
باستعراض ماتوصل إليه الباحثون من وجود الماجنيتيت فى الكائنات الحية فقد وجد أن الجزئيات الممغنطة فى الثدييات محاطة بنسيج عصبى، وأن هناك إمكانية تفاعل فيما بين هذه الجزيئات والمخ.

وتوجد عينات من الأجهزة المغناطيسية التى تستخدم فى الأبحاث الطبية لبيان المجالات المرتبطة بوظائف وتأدية العقل البشرى. وقد حددت مساحات إستجابة معينة فى المخ لمعرفة وعلاج بعض الوظائف الحسية، ونوبات الصداع، ومرض الزهايمر (النسيان)، وخلافه، ويغطى تردد موجات المخ فقط مدى النبضات الصغرى لكل من المجال المغناطيسى الأرضى وتذبذب العواصف المغناطيسية، ويبين شكل (٤٥) أن المجال المغناطيسى الأرضى أكبر شدة عن موجات المخ. ولكن مازالت إجابة السؤال حول إذا ماكانت عمليات المخ البشرى تستجيب للمجالات الخارجية غير مؤكدة تماما.



(شكل٤٥) المجالات المغناطيسية للجسم البشرى مقارنة بمستويات المجال المغناطيسى الأرضى وحساسية المغناطومتر.

أكتشف الماجنيتيت في التجاويف الغربالية للإنسان، وهناك تقارير عديدة عن تأثير الإضطرابات المغناطيسية الأرضية في الإنسان، وقد بين عدد من الباحثين صلة إحصائية بين المجموع الشهرى للمقياس المغناطيسى K وعدد المقبولين في مصحتين من المصحات النفسية في سيراكوس، نيويورك ، الولايات المتحدة. كذلك وصف عدد من الباحثين السلوك النفساني لقاطني الصحة النفسانية بموسكو خلال الفترة من إبريل ١٩٧٥ حتى يناير ١٩٧٦، ووجدوا مقياس الاضطراب النفساني للمرضى له أيضا صلة إحصائية مع مقياس الإضطراب المغناطيسى A_p (شكل ٤٦).



(شكل٤٦) مقارنة بين المقياس المغناطيسى
ومقياس السلوك النفسانى فى موسكو

كذلك قرر باحثون آخرون بالنسبة لأمراض القلب أن كل من إعتلال الصحة وكذلك الوفاة تزداد إحصائيا بزيادة الاضطرابات المغناطيسية لاسيما فى الأربعة والعشرين ساعة الأولى من بداية العواصف المغناطيسية. كذلك توصل آخرون إلى صلة إحصائية بين حدوث حالات التشنج والهلوسة مع زيادة الاضطراب المغناطيسى، وأن نداءات سيارات الإسعاف للحالات الخاصة بالعوارض السابق ذكرها تزداد أثناء العواصف المغناطيسية.

عندما ننظر إلى التأثيرات الخاصة بين المغناطيسية الأرضية وتقلباتها على صور الحياة بيولوجيا فلابد أن نلتزم بحرص شديد فى التوصل إلى نتائج مؤكدة. لقد وجد إرتباط (عشوائى) بين متوسط سلوك المجال المغناطيسى والظواهر البيولوجية، وبالرغم من أن هذه الصلات الاحصائية تعتبر خطوات أولية هامة إلا أنها لاتعنى الترابط والملازمة الأكيدة فى هذه الظواهر، ولكن تؤخذ بالأحرى كموضوعات هامة لأبحاث مستقبلية. وأخذا بالنتائج التى أمكن الحصول عليها قرر العلماء ألا يصرفوا النظر عن مداومة الأبحاث للتوصل لحقيقة الربط بين سلوك المجال المغناطيسى الأرضى وصور الحياة.

التنبؤ بالاضطرابات الشمس - أرضية :

نظراً للزيادة المضطردة فى تطبيقات المغناطيسية الأرضية فى المجالات المختلفة. فقد تطلع العالم إلى الوصول إلى تنبؤ موثوق به للمجال المغناطيسى الأرضى ومايعتريه من تغيرات. ومن حسن الحظ حاليا أن لدينا كما مهولا من البيانات المغناطيسية محفوظة فى المراكز العالمية للبيانات، مما يساعد على التوصل إلى دراسات إحصائية لسلوك المجال والحصول على نتائج دقيقة. على سبيل المثال نجد أن أيام الاضطراب المغناطيسى الزائد عن ١٠٠ نانوتسلا متاحة لأربعين سنة مضت فى مواقع المراصد المغناطيسية على مستوى العالم. كذلك

يمكن بيقين معقول التنبؤ بتوقيت ومستوى متوسط النشاط المغناطيسى الأرضى الذى يتبع الدورة الشمسية لسنتها التالية . وقد نجح المتنبئون نجاحا كبيرا فى تقديرهم لمتوسط مستوى نشاط المجال المغناطيسى خلال مدة الدوران التى تلى دورة ما للشمس (أى خلال ٢٧ يوما تلى الدورة الشمسية) ، وكذلك لوصول أثر النشاط على حافة الشمس إلى الأرض . ولاتخفى أهمية هذه التنبؤات فى تصميم وسائل الحماية للأنظمة المختلفة التى تتأثر بالمجال المغناطيسى الأرضى وتقلباته .

مازالت المشاكل وعدم التيقن قائمة عند التنبؤ بكل من زمن اجتياح العواصف المغناطيسية وبمستوى النشاط وبمدة التقلب للأحداث الملازمة ، فى حين أن تتبع آثار النشاط الشمسى وقذف الكتل الإكليلية أدى إلى نجاح متنبىء البيئة الفضائية بالتنبؤ الجيد أثناء الظروف الهادئة للساعات والأيام والأسابيع ، بل ولمدة عام أيضا .

وقد بينت الاحصائيات أن دقة التنبؤ بالمجال المغناطيسى قد بلغت ٩٧٫٧٪ فى الفترات الهادئة مغناطيسيا وأثناء غياب العواصف المغناطيسية . وترجع هذه الدقة إلى أن غالبية الأيام يكون فيها المجال المغناطيسى هادئا ، وأن الشمس الهادئة تضمن تغيرا بسيطا فى المجال المغناطيسى . ولهذا السبب يعول على هذا التنبؤ اختيار الأيام الملائمة لأخذ أرصاد القيم الأساسية بالمراصد ، والقيام بأعمال المسوحات الأرضية والبحرية والجوية ، والقياسات الخاصة بحماية خطوط الأنابيب ، وخلافه . أما نسبة صحة التنبؤ أثناء العواصف المغناطيسية لم تبلغ بعد الدرجة المطلوبة ، ويرجع ذلك إلى أنه بالرغم من أن كشف الاضطرابات الشمسية أساسى لتحذيرنا من العواصف المغناطيسية ، إلا أن هناك عوامل أخرى لم يتم التوصل إليها ، تنشأ من تفاعلات داخلية فى الغلاف المغناطيسى أثناء العواصف تولد سلسلة من إضطرابات وتأثيرات غير منتظمة ويجرى العمل حاليا لتطوير طرق الحصول على نظم تنبؤ دقيقة .

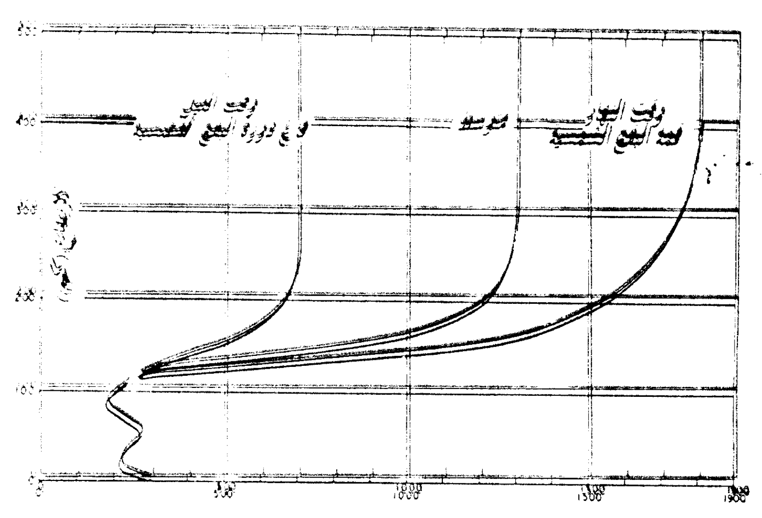
بالرغم من أن ا لتنبؤ المستقبلى بالاضطرابات المغناطيسية يعتبر علما متطورا، إلا أن التنبؤ الآنى (تقدير دقيق لظروف الفضاء الحالية) يهم الهيئات المستفيدة أهمية بالغة حيث يعتمد العاملون فى برامج الفضاء، وتتبع الأقمار الصناعية ونظم الاتصالات، وتوزيع القوى الكهربية، والنظام العالمى لتحديد المواقع، وغيرها على التنبؤ الآنى لأخذ احتياطيات الحماية مما يوفر ملايين الجنيهات للمؤسسات الحكومية والخاصة على السواء. وتعتبر بيانات المراصد المغناطيسية العالمية لاسيما مجموعة مراصد إنترماجنت هى الأساس الجوهرى للتنبؤ الآتى الدقيق.

وسوف تعلو دقة التنبؤ بالاضطرابات المغناطيسية بإطلاق أقمار خاصة مع مسار الرياح الشمسية . وهناك مكان يطلق عليه نقطة لاجرانجيان على بعد حوالى ٥ر١×١٠^{٦} كيلو متر من سطح البحر (٢٣٥ قدر نصف الكرة الأرضية حوالى ٠١ر من بعد الشمس) حيث يدور القمر الصناعى حول الشمس فى سنة كاملة محتفظاً بوضعه على الخط الواصل بين الشمس والأرض. وقد أطلق فى نوفمبر ١٩٩٤ أول قمر باسم وند (كلمة إنجليزية تعنى رياح) لدراسة الرياح الشمسية واستغرق عاما تقريبا للوصول إلى مداره لاستكشاف الجزئيات والمجالات يوميا. وأطلق فى ١٩٩٧ ثانى هذه الأقمار (إن سى إى) بصدد تطور القياسات للتزود المستمر بمعلومات كاملة عن جزئيات الرياح الشمسية ومجالاتها بصفة آنية. ولتعيين رد الفعل بين الغلاف المغناطيسى الأرضى مع الاضطرابات الشمس أرضية يلزم معرفة مكونات الرياح الشمسية آنياً، وسرعاتها ، واتجاه المجالات الناشئة وسوف تمكن بيانات هذه النوعية من الأقمار المتنبئين من إصدار بيانات التحذير الخاصة بالعواصف المغناطيسية بمدد تتراوح بين نصف الساعة والساعة.

المجال المغناطيسى الأرضى والمناخ

تركيب طبقات الغلاف الجوى العلوى :

يقوم علماء الأرصاد الجوية بإجراء الدراسات التفصيلية الخاصة بتركيب طبقات الغلاف الجوى القريبة من سطح الأرض، وتغيره تبعا للمكان والزمان. وبالرغم من قلة البيانات شيئا فشيئا كلما توجهنا لدراسة المستويات العليا واحدة تلو الأخرى، إلا أن الأقمار الصناعية تزودنا الآن بمعلومات لابأس بها تساعد على الكشف عن تركيب الغلاف الجوى حتى أبعد أهدابه.



(شكل ٤٧) توزيع درجات الحرارة أثناء النهار عند قمة ذورة البقع الشمسية، وأثناء الليل عند قاع دورة البقع الشمسية وأثناء متوسط الحالتين

وينقسم الغلاف الجوى، بناءا على التركيب الحرارى، إلى عدد من الطبقات (شكل ٤٧)، تمتد أولاها من سطح الأرض إلى ارتفاع حوالى عشرة كيلو مترات فوق القطبين وحوالى ستة عشر كيلو متر فوق المنطقة الاستوائية، وهى المنطقة التى تحظى باهتمام علماء الأرصاد الجوية، ويطلق عليها طبقة «التروبوسفير» وعلى حدها العلوى «تروبوباوزا»

ويعلو التروبوسفير طبقة «الاستراتوسفير» يحد أعلاها «ستراتوباوزا» وبالرغم من الغموض الذى يكتنف هذا الحد إلا أننا نعتبره الحد الذى تصل درجة الحرارة عنده أقصاهاعند ارتفاع حوالى ٥٠ كيلو متر من سطح الأرض.

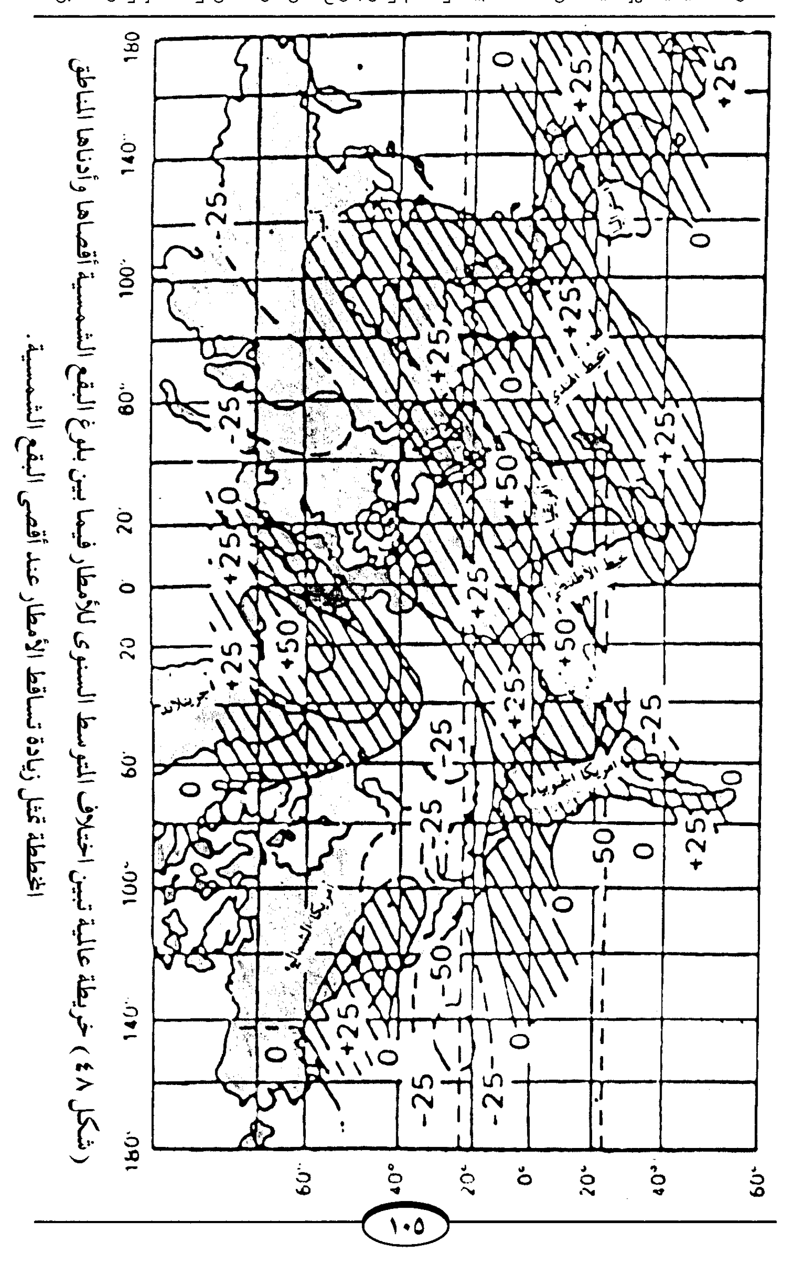
ويعلو الإستراتوسفير طبقة الميزوسفير وحدها العلوى الميزوبوزا وتمتد طبقة الميزوسفير إلى أن تصل درجة الحرارة أدناها عند ارتفاع حوالى ٨٠ كيلو متر. وقد يفضل البعض أن يعرف طبقة الميزوسفير بأنها المنطقة العريضة حول درجة الحرارة القصوى.

ويعلو الميزوسفير طبقة «الثيرموسفير» حيث ترتفع درجة الحرارة بمعدل سريع حتى حوالى ٢٠٠ كيلو متر، وتبقى ثابتة فيما فوق ٤٠٠ كيلو متر، ويذكر غالبا منطقة أخرى يطلق عليها ال «إكسوسفير»، وهى الجزء الأعلى من الثيروموسفير، وتتميز بأن الغازات تكون متخلخلة لدرجة اعتبار أن التصادم بين الجزئيات المتعادلة تكاد تكون منعدمة. ويتراوح ارتفاع قاعدة الأكسوسفير من ٣٥٠ إلى ٧٠٠ كيلو متر طبقا لدورة البقع الشمسية.

المجال المغناطيسى ومناخ الطبقات القريبة من سطح الأرض:

بينت الدراسات التى تمت فى أماكن مختارة من العالم الخاصة بالتغيرات من سنة إلى أخرى فى طول الفصول الأربعة، والمسافات البينية لحلقات جذوع الأشجار، ودرجات الحرارة، والضغط ومعدل سقوط الأمطار، والعواصف الرعدية، وجرات العواصف. .وخلافه، وأن هذه التغيرات تتذبذب (شكل ٤٨) تبعا للدورة الشمسية (الإحدى عشر أو ضعفها) . ويصل متوسط درجة الحرارة السنوى فى نصف الكرة الأرضية الشمالى أقلها بالقرب من النهاية القصوى لعدد البقع الشمسية، بينما تبلغ أعلاها بالقرب من النهاية الصغرى لعدد البقع الشمسية. ويتطور ارتفاع التروبوسفير فوق منطقة غرب الباسفيك مع تطور الدورة الشمسية. كما أن معدل سقوط الأمطار فى المناطق الاستوائية يزداد خلال سنوات النشاط الشمسى الأقصى. كما بينت الدراسات وجود علاقة بين التغير السنوى للمجال المغناطيسى الأرضى ودرجة الحرارة على مستوى الكرة الأرضية خلال الفترة من عام ١٨٦٠حتى عام ١٩٨٠ .

من المعلوم أن هناك علاقة وثيقة بين النشاط الشمسى والاضطرابات المغناطيسية، وقد يكون من الممكن أن تسخين الثيرموسفير بواسطة التيارات الكهربية المتلازمة مع العواصف المغناطيسية يسبب تعديلا للضغط الجوى على مستوى الكرة الأرضية مما قد يتسبب فى تغيير حالة الجو مما قد يسبب فى خسائر فادحة سواء فى البحر (شكل ٤٩) أو البر ويعتبر دور ميكانيكية المغناطيسية فى تعديل حالة الجو من الأبحاث النشطة فى الوقت الحاضر .



(شكل ٤٨) خريطة عالمية تبين اختلاف المتوسط السنوى للأمطار فيما بين بلوغ البقع الشمسية أقصاها وأدناها المناطق المخططة تمثل زيادة تساقط الأمطار عند أقصى البقع الشمسية.



(شكل ٤٩) أثر العواصف في البحار

وقد تأكدت بعض الارتباطات فيما بين العواصف المغناطيسية والحالة الجوية حيث وجد تكرارية حدوث تغير فى الضغط بنصف الكرة الأرضية الشمالى يلى البداية المفاجئة للعواصف المغناطيسية بثلاثة أيام فى فصول الشتاء. كما عرفنا أن تقاطع حدود القطاعات الشمسية (تسجل تفجيرات المجال المغناطيسى السيارى عند حدود الغلاف المغناطيسى الأرضى) يلازمه زيادة كبيرة فى اضطراب المجال المغناطيسى الأرضى، وقد وجد أن هناك نقصان مضطرد فى الضغط الجوى فى مناطق خطوط العرض العالية بنصف الكرة الأرضية الشمالى يلى تقاطع حدود القطاعات الشمسية بأربعة أيام.

المجال المغناطيسى الأرضى والمناخ فى الفضاء:

يعتبر اتجاه المجال المغناطيسى السيارى قاطعا فى تحديد استجابة المجال المغناطيسى الأرضى للرياح الشمسية، فإذا كان للمجال المغناطيسى السيارى مركبة فى اتجاه الشمال فقد تحدث اضطرابات بسيطة، فى حين أما إذا كانت له مركبة فى اتجاه الجنوب فحدوث اضطرابات ذات مستو عالى احتماله أكبر. أثناء العواصف المغناطيسية تستمر حالات الاضطراب لعدة ساعات، وفى أثناء هذا الوقت قد يتغير اتجاه البوصلة لعدة درجات، ويتذبذب المجال بطريقة غيرمنتظمة على مستوى الدقائق، وعليه فإن تسجيل الاضطرابات التى تسببها الرياح الشمسية يجعل من المراصد المغناطيسية وكأنها محطات مراصد مناخية للفضاء.

ملخص التطبيقات:

لقد اتسعت تطبيقات المغناطيسية الأرضية مع نمو مقدرة التكنولوجيا فى المجتمع البشرى. ومع الزيادة المضطردة فى استخدام البيئة الفضائية ،ازدادت الحاجة لكشف التغيرات فى المجال المغناطيسى التى تؤثر فى العمليات الخاصة بالأقمار الصناعية. كذلك تؤثر العواصف المغناطيسية الأرضية فى دقة تحديد

الأماكن (خطوط الطول والعرض)، وفى نظم الاتصالات، وفى شبكات نقل القوى الكهربائية، وخطوط الأنابيب، وخلافه. كذلك تعول الجيوفيزياء (علوم طبيعية الأرض) ضمن ماتعول على المجال المغناطيسى الأرضى فى الكشف عن تركيب الكرة الأرضية وتطورها. وتعتبر المسوحات المغناطيسية برا وبحرا وجوا من الوسائل الحيوية لاستكشاف مصادر المعادن التحت سطحية. ومازالت الخرائط المغناطيسية تؤدى دورا رائعا فى المناخ والتنبؤ به ووضع نماذج مناخية. وبالإضافة لذلك قد تقدم الأبحاث المتطورة فى المغناطيسية الأرضية للكشف عن ظاهرة الاستقبال المغناطيسى لبعض الأحياء شرحا للتقارير الكائنة عن الاستجابة للمجالات المغناطيسية، وكذلك تطبيقات مستقبلية فى هذا المجال بما سيعود بالنفع على المجتمع البشرى.

مازالت فيزياء مجالات الاضطرابات وظروف الجزئيات المنطلقة من الشمس إلى سطح الأرض غير تامة، ولكن تقربنا كل سنة جديدة وكل دورة شمسية إلى تفهم أكمل للعمليات الشمس - أرضية ، وبالتالى إلى تطبيقات أوسع للمغناطيسية الأرضية لخدمة المجتمع البشرى. ولايغيب عنا أن التنبؤ بالاضطرابات المغناطيسية والتوصية بالتحذيرات على المستوى العالمى لسلامة الأقمار الصناعية وغيرها مما تكلمنا عنه فى الفصول السابقة يستلزم احتياجا متزايدا للحصول على بيانات مغناطيسية دقيقة وآنية على مستوى الكرة الأرضية. وتعمل شبكة المراصد المغناطيسية القومية ، ومراكز التنبؤ بالبيئة الفضائية، بالإضافة إلى تيسيرات المراكز الدولية للبيانات المغناطيسية بإتاحة البيانات المحفوظة لديها، مجتمعة لتشبع احتياجات العديد من العلوم والتكنولوجيات الحالية والمستقبلية .

كتب مبسطة للمؤلف

- التنقيب الجيومغناطيسى
- التنقيب بالطرق الكهربائية
- التنقيب بطرق الجاذبية الأرضية
- الزلازل والتنقيب السيزمى
- قصة الكرة الأرضية
- عمر الكرة الأرضية
- المغناطيسية الأرضية وتطبيقاتها الحديثة
- الطاقة الشمسية فى خدمة أمان ورفاهية الإنسان
- الطاقة الحرارية الأرضية متاعا للبشرية
- النشاط الشمسى وأثره فى الكرة الأرضية
- تاريخ المغناطيسية الأرضية
- المغناطيسية الأرضية فى المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية فى مائة عام.

الفهـــرس

الموضـــــوع	الصفحة
تقديم	٥
شكر	٧
مقدمة	٩
المغناطيس الطبيعى والصناعى	١١
المجال المغناطيسى الأرضى	١٤
عناصر المغناطيسية الأرضية	١٦
المجال المغناطيسى الأرضى وكيفية تولده	٢٢
التغير الزمنى فى المجال المغناطيسى الأرضى	٢٥
الغلاف المغناطيسى الأرض	٢٩
العواصف المغناطيسية	٣٤
العواصف المغناطيسية الثانوية	٣٧
التطبيقات المغناطيسية	٤١
تطبيقات المجال المغناطيسى الأرضى فى الماضى	٤٥
تطبيقات المجال المغناطيسى الأرضى فى التقنيات العصرية	٥٣
فيزياء البيئة الفضائية	٥٣
اعطاب الأقمار الصناعية ومساراتها	٥٦
الكهرباء التأثيرية فى خطوط الأنابيب الطويلة	٥٩
التيارات التأثيرية فى شبكات القوى الكهربائية	٦١
نظم الاتصالات	٦٤
النظام العالمى لتحديد المواقع GPS	٦٧

شكل وسرعة سريان السائل عند سطح القلب الخارجى	٦٩
تحديد نصف قطر القلب	٧١
التوصيلية الكهربية للمعطف	٧٢
الخرائط المغناطيسية والعيارية	٧٣
المرجع الرياضى العالمى للمجال المغناطيسى الأرضى	٧٧
استخدام النماذج المغناطيسية فى الحفر الموجه	٧٧
المغناطيسية الأرضية والنظرية التكتونية	٧٩
المغناطيسية الأرضية والتأويل الجيولوجى	٨٤
الكشف عن الآثار بالطرق ا لمغناطيسية	٨٨
الوهج القطبى	٨٩
المجالات المنتجة بالتأثير	٩١
الاهتمامات المستقبلية للتطبيقات المغناطيسية	٩٥
المغناطيسية الأرضية وبعض الظواهر البيولوجية	٩٥
التنبؤ بالاضطرابات الشمس - أرضية	٩٩
المجال المغناطيسى الأرضى والمناخ	١٠٢
تركيب طبقات الغلاف الجوى العلوى	١٠٢
المجال المغناطيسى ومناخ الطبقات القريبة من سطح الأرض	١٠٣
المجال المغناطيسى الأرضى والمناخ فى الفضاء	١٠٧
ملخص التطبيقات	١٠٧
كتب مبسطة للمؤلف	١٠٩
نبذة عن المؤلف	١١٢

دكتــور حنفــى علــى دعبــس

أستاذ الجيوفيزياء بالمعهد القومى
للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية - حلوان

حصل على بكالوريوس العلوم عام ١٩٦١م من جامعة القاهرة ثم دكتوراه عام ١٩٧٠م فى فلسفة العلوم فى الطبيعة الأرضية من الأكاديمية التشيكوسلوفاكية (جيوفيزياء) تدرج فى الوظائف العلمية بالمعهد حتى أستاذ باحث عام ١٩٨٠م حيث عين رئيساً لقسم المغناطيسية والتثاقلية الأرضية (١٩٨٠-١٩٨٦) ثم نائباً لرئيس المعهد (١٩٨٦-١٩٩٥) ثم رئيساً للمعهد (١٩٩٥-١٩٩٧) ثم أستاذ باحث متفرغ بالمعهد حتى الآن.

وشغل عضوية ورئاسة مجلس إدارة المعهد القومى للبحوث الفلكية والجيوفزيقية. ورئيس مجموعة عمل المجالات الداخلية والخارجية المنبثقة من IAGA، وأيضا عضوية كل من مجلس إدارة الجمعية الجيوفيزيقية المصرية واللجنة القومية للطبيعة الأرضية والمكتب الفنى لرئيس أكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا والأمانة الفنية لأكاديمية البحث العلمى والتكنولوجيا والمجلس الأعلى لمراكز ومعاهد البحوث.

فى مجال البحث العلمى وتطبيقاته نشر العديد من البحوث العلمية والكتب فى مجال الجيوفيزياء المختلفة. وندب للتدريس فى بعض الجامعات المصرية ويشرف على بعض رسائل الماجستير والدكتوراه، ويمثل جمهورية مصر العربية فى العديد من المؤتمرات والاجتماعات الدولية فى مجالات الجيوفيزياء المختلفة بما فيها المؤتمرات الخاصة بأبحاث العلاقات الشمس أرضية.